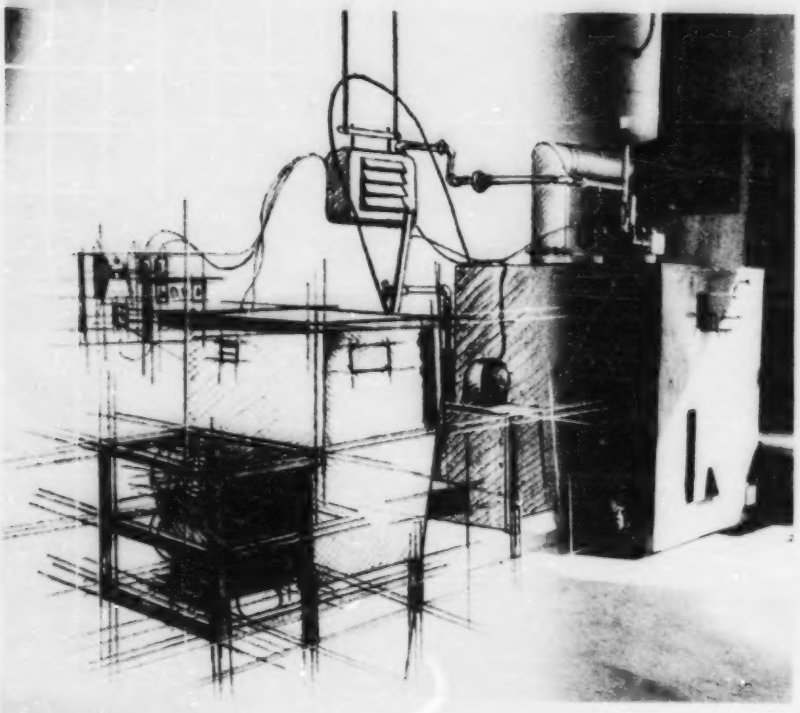
Les petites installations de chauffage à la biomasse :

Guide de l'acheteur



Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

PRÉFACE

Cette publication, diffusée à des fins uniquement didactiques, ne reflète pas nécessairement le point de vue du gouvernement du Canada et ne constitue en aucune façon une approbation des produits commerciaux ou des personnes qui y sont mentionnées, quels qu'ils soient. De plus, pour ce qui est du contenu de ce guide, le gouvernement du Canada, ses ministres, ses fonctionnaires et ses employés ou agents n'offrent aucune garantie et n'assument aucune responsabilité.

REMERCIEMENTS POUR LES PHOTOS

Page couverture et page 19, bas de page :
Source : *Manuel de l'utilisateur RETscreen*™
(gracieuseté de Grove Wood Heat)

Page 20, à gauche de la page :
Gracieuseté de SGA Energy Limited, 1376, rue Bank, bureau 302, Ottawa (Ontario) K1H 7Y2

Autres photos :
Gracieuseté de KMW Systems Inc., 3330, rue White Oak, London (Ontario) NE6 1L8

Cette publication a été rédigée par le Laboratoire de recherche en diversification énergétique de CANMET et par SGA Energy Limited, pour la Division de l'énergie renouvelable et électrique, de la Direction des ressources énergétiques de Ressources naturelles Canada.

Conception et graphisme par InnovaCom Marketing & Communication, Hull, Québec

© Sa Majesté du Chef du Canada, 2000

ISBN 0-662-84648-6

Numéro de catalogue: M92-186/2000F

This guide is also available in English under the title:
Buyer's Guide to Small Commercial Biomass Combustion Systems

101-06308/

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS 4

CHAPITRE 1 : NOTIONS DE BASE SUR LE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE 5

QU'EST-CE QU'UNE PETITE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE? 5

QUI UTILISE LES PETITES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE? 6

COMPARAISON DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE AUX MOYENS CONVENTIONNELS DE CHAUFFAGE 7

AVANTAGES DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE 7

CHAPITRE 2 : CHOIX D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE 9

ÉTAPE 1 : ÉVALUATION DES SOURCES DE BIOCOMBUSTIBLE 9

Teneur en humidité 9

Teneur en cendres 10

Pouvoir calorifique 10

Types de biocombustibles 10

Origines et influence sur le coût 10

Livraison et entreposage 11

ÉTAPE 2 : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION 12

Les deux approches de la conception d'un système 12

ÉTAPE 3 : CHOIX D'UN FOURNISSEUR 13

CHAPITRE 3 : CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION ET DE CONCEPTION 15

TYPES DE SYSTÈMES 15

ÉLÉMENTS DES SYSTÈMES 17

Réception du biocombustible 17

Entreposage du biocombustible 18

Transfert du combustible de la réserve vers la chambre de combustion 18

Alimentation de la chambre de combustion 18

Chambre de combustion 19

Échangeurs de chaleur 19

Système d'élimination des cendres 20

Systèmes d'évacuation des gaz et cheminées 20

Instrumentation, régulation et sécurité 21

Systèmes de secours 21

Systèmes de pointe 22

RENDEMENT DU SYSTÈME 22

CHAPITRE 4 : AUTRES POINTS À CONSIDÉRER 23

AUTORISATIONS DES INSTANCES ENVIRONNEMENTALES 23

ASSURANCES 24

INCIDENCES FISCALES 24

PROPOSITIONS DE PRIX POUR UN SYSTÈME 24

TYPE DE CONTRAT 25

INSTALLATION 25

ESSAIS DE DÉMARRAGE, DE MISE EN SERVICE ET DE RENDEMENT 25

GARANTIES 26

EXPLOITATION ET ENTRETIEN 26

DURÉE DE VIE DE L'INSTALLATION 27

CHAPITRE 5 : ÉVALUATION DES COÛTS 29

ANALYSE COMPARATIVE DES COÛTS DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE 29

ANALYSE ÉCONOMIQUE DES OPTIONS 30

CHAPITRE 6 : UTILISATION DE RETScreen™ 33

CHAPITRE 7 : DÉFINITIONS 35

ANNEXE 1 : BIOCOMBUSTIBLES POUR SYSTÈMES DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE 39

A1.1 : MODES DE LIVRAISON DES BIOCOMBUSTIBLES 39

A1.2 : TYPES DE BIOCOMBUSTIBLES 39

A1.3 : COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES ÉNERGÉTIQUES DES BIOCOMBUSTIBLES 41

A1.4 : CATÉGORIES DE BIOCOMBUSTIBLES ET LEURS COÛTS 42

ANNEXE 2 : LES DIFFÉRENTS RENDEMENTS D'UNE INSTALLATION 43

A2.1 : RENDEMENT DE COMBUSTION 43

A2.2 : RENDEMENT DE L'APPAREIL 43

A2.3 : RENDEMENT SAISONNIER 44

ANNEXE 3 : ÉVALUATION ET ANALYSE DES COÛTS 45

A3.1 : EXEMPLE D'ÉTUDE FINANCIÈRE 45

A3.2 : DÉTERMINATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DES FRAIS ANNUELS 46

A3.3 : ANALYSE DES COÛTS GLOBAUX 46

ÉTUDES DE CAS 47

1. OPEONGO FORESTRY SERVICES 47

2. SERRE DE FIVE ELMS 48

3. OUJE BOUGOUMOU : EXEMPLE D'INSTALLATION EN RÉGION ÉLOIGNÉE 48

4. ÉCOLE ÉLÉMENTAIRE DE DIGBY 49

INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES 51

AVANT-PROPOS

La technologie des installations de chauffage à la biomasse, n'est pas vraiment nouvelle. Plusieurs centaines de ces systèmes sont déjà en service au Canada, et beaucoup d'autres aux États-Unis et en Europe. Ces systèmes utilisent comme combustible la biomasse, une forme d'énergie à base de matières végétales ou animales comme le bois, la paille, l'herbe ou le fumier, le bois étant le biocombustible principal dans les régions qui en produisent. Toutefois, à l'exception du milieu même de l'industrie du chauffage au bois, le grand public et les experts en chauffage ignorent souvent les avantages de ces sources d'énergie économiques et fiables. En raison des campagnes préconisant le remplacement des combustibles classiques par des ressources énergétiques renouvelables, on assiste de nos jours à une nouvelle hausse de la demande pour ces produits.

Le but de ce guide est de présenter une approche pratique pour la planification, l'acquisition et l'exploitation d'une installation de chauffage à la biomasse. Il met en lumière des points dont l'acheteur devrait tenir compte avant de consulter des experts en chauffage. Il ne s'agit pas d'un manuel de conception, d'acquisition, d'installation ou d'entretien; dans tous les cas, on doit recourir aux services de professionnels pour compléter les informations qui y sont présentées.

À QUI EST DESTINÉ CE GUIDE?

Aux personnes qui souhaitent exploiter le plus économiquement possible un chauffage à air pulsé ou à eau chaude. Il peut être utile aux responsables de municipalités et de collectivités, aux commerçants, aux architectes, aux gestionnaires et aux concepteurs de bâtiments, ainsi qu'aux entreprises de services énergétiques.

QUELS GENRES D'INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE SONT COUVERTES DANS CE GUIDE?

Les installations de 75 à 1 000 kW (250 000 à 3 415 000 BTU/h). Un système de cette taille ne convient pas à la plupart des maisons unifamiliales dont les besoins ne dépassent habituellement pas 50 kW, mais plutôt aux groupes d'immeubles, ou aux centrales de chauffage d'un lotissement de plusieurs maisons. Le marché des installations de chauffage à la biomasse est surtout celui des institutions, des commerces et des industries. Les personnes intéressées par les appareils résidentiels peuvent se procurer un exemplaire du document *Le guide du chauffage au bois résidentiel* auprès de Ressources naturelles Canada (RNCan) [voir la section **Informations supplémentaires** à l'endos de cette publication].

Ce guide porte sur les installations de chauffage qui utilisent un réseau de distribution d'eau chaude pour le chauffage des bâtiments ou pour des procédés, et non sur les petits appareils domestiques (poêles, foyers, chaudières). Il ne concerne pas non plus les chaudières industrielles à grande puissance des scieries, des usines de pâtes et papiers ou des compagnies d'électricité. Il ne s'intéresse pas aux systèmes de grande puissance alimentant un procédé à air chaud (par exemple un séchoir à bois), ni ceux destinés à produire de la vapeur sous haute pression pour des tâches spécialisées ou la production d'électricité.

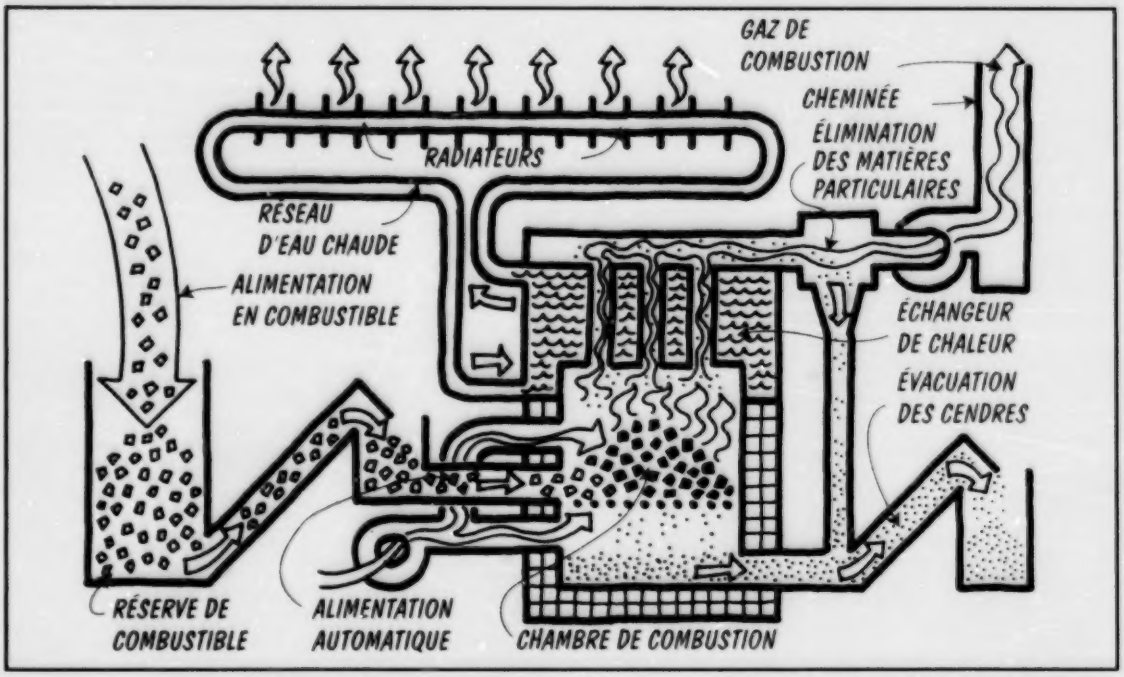
Pour compléter les informations de ce guide, on peut se procurer le logiciel RETScreen^{MC} d'analyse de préfaisabilité de projets d'énergie renouvelable. C'est un outil normalisé qui facilite la sélection et l'évaluation des technologies d'énergies renouvelables les plus intéressantes sur le plan économique pour une application donnée, par exemple le chauffage à la biomasse. Pour plus d'informations à ce sujet, voir le **chapitre 6**.

On trouvera un glossaire des termes et expressions au **chapitre 7**.

CHAPITRE 1 :
NOTIONS DE BASE SUR LE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

QU'EST-CE QU'UNE PETITE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE?

Une installation de chauffage à la biomasse est destinée à produire de la chaleur d'une manière pratique et efficace à partir de la biomasse. La plupart des modèles brûlent des copeaux ou des particules de bois sur une grille; l'alimentation en combustible peut être manuelle ou, s'il s'agit de particules, automatique (modèles à vis sans fin ou à grille roulante). La chaleur de combustion est transférée à de l'eau dans une « chaudière » qui peut être séparée de l'unité de combustion ou intégrée à celle-ci (par exemple, par une chemise d'eau). Pour répondre à la demande de chaleur, on pompe de l'eau (dont la température peut atteindre 90 °C) dans un circuit passant par des échangeurs de chaleur à rayonnement ou à air pulsé. On peut obtenir une assez bonne régulation de la combustion et de la production de chaleur en synchronisant et en automatisant le débit de l'alimentation en biomasse et en air, et en réglant la différence de température de l'eau entre l'entrée et la sortie de l'échangeur.



Disposition générale des éléments d'une installation de chauffage à la biomasse

QUI UTILISE LES PETITES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE?

En raison de leur taille et de leur mode de production de chaleur, presque tous ces systèmes sont utilisés dans les secteurs industriel, commercial et institutionnel (voir les applications types dans l'encadré ci-dessous).

Les systèmes installés au cours de la crise énergétique de la fin des années 70 et du début des années 80 donnent de bonnes indications des utilisations possibles de la biomasse comme moyen de chauffage. L'incitatif le plus important est le coût du combustible (coûts élevés des combustibles classiques, faibles coûts des biocombustibles, ou combinaison des deux). L'utilisation de la biomasse pour le chauffage peut être avantageuse dans diverses situations, par exemple :

- si l'électricité est le type d'énergie le plus coûteux pour le chauffage des bâtiments et de l'eau;
- dans les régions éloignées, où les frais de transport élevés peuvent augmenter considérablement le coût du mazout;
- lorsque des résidus de biomasse produits sur place (ou dans le voisinage) sont disponibles gratuitement ou à peu de frais, et qu'il y a des frais pour l'élimination des résidus.

La biomasse est un bon choix pour satisfaire aux fortes demandes d'énergie thermique à des charges de base relativement élevées pendant toute l'année, par exemple, celles des procédés. Ces systèmes sont souvent plus efficaces s'ils fonctionnent pendant de longues durées à une puissance constante voisine de leur puissance nominale; c'est ainsi que l'on peut réaliser les plus grandes économies de combustible et compenser leurs coûts d'investissement et d'exploitation supérieurs dans les installations à grande puissance. Des économies d'échelle permettent une meilleure rentabilité.

Dans les milieux ruraux ou industriels, on choisit plus souvent le chauffage à la biomasse car les conditions suivantes sont plus facilement réunies : règlements relatifs aux fumées plus permissifs, facilité d'accès aux ressources en biomasse (par camion), disponibilité de matériel auxiliaire comme des chargeuses et présence sur place de main-d'œuvre relativement bon marché.

APPLICATIONS TYPES DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Secteur institutionnel

Soins de santé
- Hôpitaux, centres médicaux
- Foyers pour personnes âgées

Enseignement
- Écoles
- Universités, collèges
- Lieux de culte

Centres communautaires et sportifs
- Arénas
- Centres communautaires (sports, conditionnement physique, loisirs)

Secteur résidentiel et commercial
- Immeubles résidentiels
- Hôtels, motels, auberges
- Magasins, petits centres commerciaux
- Entrepôts
- Centres de matériaux de construction

Secteur agricole
- Porcheries, fermes d'élevage
- Piscicultures, écloseries
- Serres

Secteur industriel

Produits forestiers de transformation primaire
- Contre-plaqué et placage
- Scieries
- Séchoirs à bois
- Panneaux de particules, composites...

Produits forestiers de transformation secondaire
- Meubles
- Palettes
- Treillis
- Ateliers de menuiserie
- Traverses ferroviaires
- Usines de broyage
- Équipement sportif
- Maisons en bois rond
- Industrie de l'emballage
- Horloges
- Portes et fenêtres
- Objets particuliers
- Maisons préfabriquées

Garages de matériel lourd
Ateliers de soudage, de transformation de métaux, de réparation

QUI UTILISE LES PETITES INSTALLATIONS DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE?

En raison de leur taille et de leur mode de production de chaleur, presque tous ces systèmes sont utilisés dans les secteurs industriel, commercial et institutionnel (voir les applications types dans l'encadré ci-dessous).

Les systèmes installés au cours de la crise énergétique de la fin des années 70 et du début des années 80 donnent de bonnes indications des utilisations possibles de la biomasse comme moyen de chauffage. L'incitatif le plus important est le coût du combustible (coûts élevés des combustibles classiques, faibles coûts des biocombustibles, ou combinaison des deux). L'utilisation de la biomasse pour le chauffage peut être avantageuse dans diverses situations, par exemple :

- si l'électricité est le type d'énergie le plus coûteux pour le chauffage des bâtiments et de l'eau;
- dans les régions éloignées, où les frais de transport élevés peuvent augmenter considérablement le coût du mazout;
- lorsque des résidus de biomasse produits sur place (ou dans le voisinage) sont disponibles gratuitement ou à peu de frais, et qu'il y a des frais pour l'élimination des résidus.

La biomasse est un bon choix pour satisfaire aux fortes demandes d'énergie thermique à des charges de base relativement élevées pendant toute l'année, par exemple, celles des procédés. Ces systèmes sont souvent plus efficaces s'ils fonctionnent pendant de longues durées à une puissance constante voisine de leur puissance nominale; c'est ainsi que l'on peut réaliser les plus grandes économies de combustible et compenser leurs coûts d'investissement et d'exploitation supérieurs dans les installations à grande puissance. Des économies d'échelle permettent une meilleure rentabilité.

Dans les milieux ruraux ou industriels, on choisit plus souvent le chauffage à la biomasse car les conditions suivantes sont plus facilement réunies : règlements relatifs aux fumées plus permissifs, facilité d'accès aux ressources en biomasse (par camion), disponibilité de matériel auxiliaire comme des chargeuses et présence sur place de main-d'œuvre relativement bon marché.

APPLICATIONS TYPES DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Secteur institutionnel

Soins de santé
- Hôpitaux, centres médicaux
- Foyers pour personnes âgées

Enseignement
- Écoles
- Universités, collèges
- Lieux de culte

Centres communautaires et sportifs
- Arénas
- Centres communautaires (sports, conditionnement physique, loisirs)

Secteur résidentiel et commercial
- Immeubles résidentiels
- Hôtels, motels, auberges
- Magasins, petits centres commerciaux
- Entrepôts
- Centres de matériaux de construction

Secteur agricole
- Porcheries, fermes d'élevage
- Pisciculture, écloseries
- Serres

Secteur industriel

Produits forestiers de transformation primaire
- Contre-plaqué et placage
- Scieries
- Séchoirs à bois
- Panneaux de particules, composites...

Produits forestiers de transformation secondaire
- Meubles
- Palettes
- Treillis
- Ateliers de menuiserie
- Traverses ferroviaires
- Usines de broyage
- Équipement sportif
- Maisons en bois rond
- Industrie de l'emballage
- Horloges
- Portes et fenêtres
- Objets particuliers
- Maisons préfabriquées

Garages de matériel lourd
Ateliers de soudage, de transformation de métaux, de réparation

COMPARAISON DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE AUX MOYENS CONVENTIONNELS DE CHAUFFAGE

Le choix d'un système classique de combustion à gaz ou au mazout est relativement simple. Les offres des différents fournisseurs sont comparables, parce que la qualité du combustible est normalisée, les systèmes simples et les modèles semblables. Le prix est souvent le seul facteur décisif, si les systèmes proposés sont également faciles à opérer et performants.

En revanche, les installations de chauffage à la biomasse sont beaucoup plus complexes que les systèmes classiques à gaz ou au mazout. Les conceptions sont beaucoup plus variées, et peuvent conduire à des différences des systèmes d'alimentation en biocombustible ou des conditions de fonctionnement. Pour comparer un système à la biomasse à des installations classiques, il faut non seulement bien évaluer les économies dues à l'emploi de biocombustibles, mais également savoir évaluer les raisons des écarts souvent importants entre les offres des divers fournisseurs.

Les systèmes de chauffage à la biomasse présentent de nombreuses différences avec les systèmes à gaz ou au mazout, notamment :

Dimensions Les systèmes de chauffage à biocombustible sont beaucoup plus gros que les systèmes classiques. Ils nécessitent souvent un accès direct par camion pour la livraison du biocombustible, un espace d'entreposage pour celui-ci et une plus grande chaufferie pour loger les dispositifs mécaniques d'alimentation en biocombustible et d'élimination des cendres.

Biocombustible Contrairement au gaz et au mazout, les divers types de biomasse n'ont habituellement pas des caractéristiques normalisées, homogènes ou garanties par de grandes sociétés établies à travers le pays. Dans ces conditions, c'est à l'utilisateur de veiller à la qualité et à l'uniformité du biocombustible, ainsi qu'à la fiabilité de son approvisionnement. Le contenu énergétique varie significativement selon le type de biomasse utilisé comme biocombustible [voir le tableau Comparaison des caractéristiques énergétiques des biocombustibles (**annexe 1**)].

Exploitation Habituellement, les installations de chauffage à la biomasse ont besoin d'un entretien plus fréquent et d'une attention plus poussée que les systèmes classiques; leur bon fonctionnement exige donc plus de soins.

Complexité mécanique La complexité mécanique des installations de chauffage à la biomasse est plus grande que celle des systèmes de chauffage classique, surtout pour ce qui est de l'entreposage, de la manipulation et de la combustion du biocombustible. Cette complexité, qui tient au fait que les biocombustibles ont des caractéristiques de combustion différentes de celles des combustibles fossiles, entraîne des frais d'investissement plus grands que pour les systèmes classiques, et des coûts plus difficiles à évaluer.

Autres facteurs Les installations de chauffage à la biomasse nécessitent souvent des démarches particulières pour des questions telles que les primes d'assurance-incendie, les normes de qualité de l'air, les mesures d'élimination des cendres et la sécurité en général.

AVANTAGES DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Le chauffage à la biomasse offre d'importants avantages aux utilisateurs sérieux et, avant tout, la possibilité de *RÉDUIRE LES COÛTS*.

Sauf pour le gaz naturel, le prix de revient de la biomasse est souvent très inférieur à celui des combustibles fossiles. Le **tableau 1.1, Comparaison des coûts des combustibles de chauffage**, indique le coût d'une unité d'énergie thermique pour certains combustibles, d'après les coûts types de 1998. Le calcul de ces coûts tient compte de la valeur thermique du combustible, mais ne tient pas compte du prix du système de chauffage.

Tableau 1.1 : Comparaison des coûts des combustibles de chauffage (1998)

Combustible	Prix	Coût de l'énergie thermique, $ / GJ (1)
Électricité	8,02 ¢ / kWh	22,51
Propane	39,9 ¢ / L	15,60
Mazout léger	29,9 ¢ / L	8,47
Gaz naturel	10,5 ¢ / m^3	3,05
Biocombustible (résidus d'usines)	10 $ / tonne	1,68
Biocombustible (copeaux d'arbres entiers)	40 $ / tonne	6,73

(1) Avec un rendement typique de chaudière selon chaque combustible

D'autres avantages s'ajoutent aux facteurs économiques :

Biomasse renouvelable

Contrairement aux combustibles fossiles dont les approvisionnements seront épuisés à long terme, les combustibles à base de biomasse proviennent d'une ressource renouvelable qui, bien gérée, peut durer indéfiniment.

Avantages environnementaux

On considère que, du point de vue des émissions de CO_2, la combustion de la biomasse est neutre et ne constitue donc pas une source importante de gaz à effet de serre pouvant modifier le climat. De plus, le chauffage à la biomasse ne contribue pas de façon importante aux pluies acides, car la plupart des biocombustibles ont une teneur en soufre négligeable.

Disponibilité des biocombustibles à des prix stables

Il existe de vastes ressources de biocombustibles. La plupart des régions du Canada offrent des possibilités d'approvisionnement en biomasse (forestière ou agricole). Souvent, les biocombustibles disponibles sont des déchets de procédés dont l'élimination est coûteuse et qui peuvent avoir des impacts néfastes sur l'environnement s'ils sont rejetés dans des décharges ou incinérés sans précautions.

Les prix des biocombustibles, déterminés à l'échelle locale, sont relativement stables depuis des années, malgré les importantes fluctuations des prix des combustibles fossiles, et l'on croit qu'ils augmenteront plus lentement que ceux des combustibles à base de pétrole.

Avantages pour l'économie locale

Les sommes dépensées pour les biocombustibles restent dans l'économie locale; de plus, la collecte, la préparation et la livraison des biocombustibles, produits localement, exige plus de main-d'œuvre que la distribution des combustibles fossiles. La situation a des avantages économiques pour la région, en plus d'agrandir l'assiette fiscale et d'en accroître les revenus.

Confort

À cause des coûts généralement faibles de la biomasse, les exploitants d'installations de chauffage à la biomasse ont souvent tendance à mieux chauffer les bâtiments, d'où une amélioration du confort et de la productivité. Au contraire, les coûts élevés des combustibles fossiles incitent fortement les utilisateurs de systèmes classiques à baisser le chauffage pour faire des économies sur le coût du combustible.

Technologies commercialement éprouvées et flexibles

Les technologies de chauffage à la biomasse sont commercialement éprouvées dans tout le Canada. Elles sont très présentes sur le marché du chauffage résidentiel et pour diverses applications industrielles. Les systèmes de chauffage à la biomasse sont très flexibles. On peut facilement modifier les systèmes à combustibles solides existants pour qu'ils brûlent presque tous les autres combustibles (solides, liquides ou gazeux), ce qui leur assure un maximum de souplesse pour les années à venir.

CHAPITRE 2 : CHOIX D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Au chapitre précédent, on a abordé diverses questions à examiner avant de choisir une installation de chauffage à la biomasse. On abordera ici trois points clés :

- Quels sont les biocombustibles disponibles?
- Est-ce que mes besoins en énergie sont compatibles avec l'installation envisagée?
- Ai-je assez d'information pour demander un devis à un fournisseur?

ÉTAPE 1 : ÉVALUATION DES SOURCES DE BIOCOMBUSTIBLE

Au Canada, on dispose d'une grande variété et de grandes quantités de biocombustibles, provenant généralement des activités forestières et agricoles. Les technologies utilisées pour la collecte, la préparation, l'entreposage, le transport et la livraison sont éprouvées et commercialisées. Certains biocombustibles ayant des caractéristiques particulières, il faut avoir beaucoup de connaissances spécialisées pour les acheter et faire preuve de beaucoup de soins pour les utiliser.

Variabilité est le mot qui caractérise le mieux la qualité des biocombustibles. En effet, les combustibles fossiles (gaz naturel, pétrole, charbon) commercialisés par les grandes sociétés d'énergie sont des produits uniformes et normalisés, souvent fortement enrichis. Par contre, la plupart des biocombustibles, qui n'ont pas à satisfaire à des normes nationales, sont livrés « tels quels » sans grande transformation. Ils sont habituellement offerts localement, souvent par des petits entrepreneurs ou courtiers indépendants, et l'approvisionnement à long terme n'est pas toujours garanti. On doit donc vérifier s'il y a suffisamment de fournisseurs pour assurer un approvisionnement fiable. De plus, étant donné que la qualité peut varier d'un fournisseur, d'une année et même d'un lot à l'autre, il faut préciser toutes les spécifications des biocombustibles et les autres options, le cas échéant, en cas de non-respect du contrat.

Cette variabilité impose d'évaluer, pour tout approvisionnement en biocombustible, les caractéristiques suivantes : teneur en humidité, teneur en cendres, pouvoir calorifique, type de biocombustibles, source d'approvisionnement et livraison. Tous ces facteurs ont un impact sur le type d'installation de chauffage à la biomasse que l'on pourra choisir, et sur le prix de l'approvisionnement en biocombustible.

TENEUR EN HUMIDITÉ

La plupart des biocombustibles contiennent plus ou moins d'humidité. La teneur en humidité des biocombustibles est normalement le rapport entre le poids de l'eau et le poids total du combustible humide, exprimé en pourcentage. Dans les contrats d'approvisionnement, il sera donc important d'établir une valeur de la teneur en humidité du biocombustible. En effet, une humidité excessive amène plusieurs inconvénients :

- **Augmentation des coûts.** La masse de l'eau fait monter le coût de la manutention et du transport, sans fournir d'énergie additionnelle.
- **Perte de rendement.** Le chauffage de l'eau et sa transformation en vapeur demande de l'énergie thermique, qui est soustraite de la chaleur produite par la combustion de la biomasse. Les systèmes de chauffage brûlant des combustibles à forte teneur en humidité ont donc un temps de réponse plus lent lorsque la demande de chaleur augmente. Le tableau « Comparaison des caractéristiques énergétiques des biocombustibles » de l'**annexe 1** indique le rapport entre la teneur en humidité du combustible et l'efficacité de l'appareil. On note une perte de rendement de presque 50 % entre les copeaux d'arbres verts entiers et la sciure de bois, parce que le bois vert a une plus forte teneur en humidité et en cendres.
- **Augmentation des émissions.** Dans les installations de chauffage de base de faible puissance, l'humidité nuit à l'oxydation du combustible, ce qui entraîne de fortes émissions de monoxyde de carbone et d'hydrocarbures non brûlés. Par contre, les installations à haute température peuvent brûler

des biocombustibles humides sans augmentation des émissions.

- **Augmentation des dangers pour l'environnement.** Les biocombustibles humides peuvent générer une activité biologique qui entraîne un appauvrissement de l'oxygène dans les lieux d'entreposage clos, la libération de spores de moisissures et des réactions exothermiques pouvant induire une combustion spontanée. Par ailleurs, la manutention de matières combustibles très sèches produit des poussières qui créent un risque d'incendie.

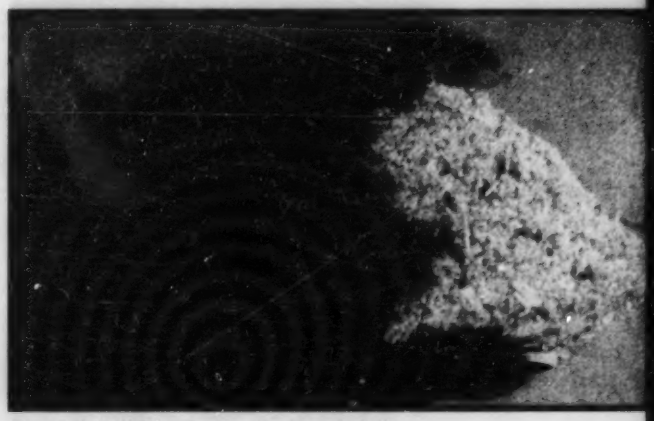
TENEUR EN CENDRES

La teneur en matières inorganiques non combustibles (minérales) de la biomasse est généralement appelée « teneur en cendres ». Elle peut être soit inhérente, c.-à-d. qu'elle provient de matières qui se sont accumulées dans la biomasse au cours de la croissance de la plante, soit provenir de matières extérieures mélangées à la biomasse (contaminants). Les teneurs en cendres de la première catégorie sont généralement faibles dans le bois propre (0,5 %), plus élevées dans l'écorce (3,5 %) et importantes dans des cultures annuelles comme la paille (6,2 %), mais elles varient habituellement peu pour un type de combustible donné. Par contre, la teneur en contaminants (p. ex., poussière, sable, particules métalliques et plâtre) dépend de la provenance du combustible, du mode de manutention et du degré de nettoyage lors de sa préparation. Elle peut varier fortement pour un même type de combustible, voire dans un même lot. On exprime habituellement la teneur en cendres en poids sec, c.-à-d. en pourcentage du poids de cendres par rapport au poids total du combustible sec.

Les cendres peuvent poser des problèmes. Elles ne fournissent pas d'énergie et entraînent une petite perte d'énergie si on les élimine à chaud. Les problèmes sont plus graves lorsque des quantités excessives de cendres fondues et agglomérées en scories bloquent les grilles ou usent et bourrent les vis sans fin. Les combustibles à forte teneur en alcalis peuvent endommager la tuyauterie des chaudières si des substances alcalines vaporisées se déposent sous forme de scories sur les surfaces des échangeurs de chaleur. Habituellement, les teneurs en cendres du bois propre ne nuisent cependant pas au bon fonctionnement de l'installation de chauffage à la biomasse.

POUVOIR CALORIFIQUE

La quantité d'énergie libérée par la combustion dépend des proportions relatives de carbone, d'hydrogène, d'oxygène dans le biocombustible, ainsi que de sa teneur en cendres et en humidité. La biomasse présente généralement des plages similaires de carbone, d'oxygène et d'hydrogène, avec une certaine variation liée à l'origine. En Amérique du Nord, la valeur de la teneur en énergie indiquée est généralement le pouvoir calorifique supérieur. Le tableau « Comparaison des caractéristiques énergétiques des biocombustibles » à l'**annexe 1** présente des exemples de pouvoir calorifique pour divers combustibles.



Biocombustibles : écorce et sciure de bois

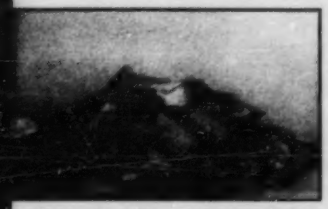
TYPES DE BIOCOMBUSTIBLES

Les installations de chauffage à la biomasse peuvent utiliser plusieurs types courants de biocombustibles, dont les teneurs en humidité et en cendres et les pouvoirs calorifiques peuvent différer grandement. Dans la section « Types de biocombustibles » de l'**annexe 1**, les types de biocombustibles sont classés en catégories selon leur source et leur mode de préparation.

ORIGINES ET INFLUENCE SUR LE COÛT

Beaucoup de paramètres peuvent avoir une influence sur le prix de revient du biocombustible : son origine géographique, le type de végétaux ou de résidus mais aussi le jeu de l'offre et de la demande au niveau local, qui est influencé par les autres usages du produit. L'origine est le facteur le plus déterminant du prix de revient. La section « Catégories de biocombustible et leurs coûts » de l'**annexe 1** décrit les principaux facteurs des coûts de cinq catégories de biocombustibles : déchets, résidus, sous-produits, biomasse cultivée et produits conditionnés de biomasse.

Les déchets de biomasse, par exemple, les résidus de scierie, sont habituellement l'option la plus économique. En l'absence de sources de déchets, la récolte d'arbres de boisés proches d'une installation de chauffage à la biomasse peut être une option économique.



Biocombustibles : copeaux de bois

Biocombustibles : résidus forestiers

Toutefois, on ne peut pratiquer de coupes sur les terres publiques qu'après avoir obtenu toutes les autorisations nécessaires des autorités autochtones, municipales, territoriales, provinciales et fédérales, le cas échéant, et fourni l'assurance qu'on utilisera des pratiques de développement forestier durables conformes aux principes énoncés dans *Stratégie forestière nationale, 1998-2003, un engagement canadien*, par exemple. Quels que soient les volumes requis pour les installations de bioénergie, on doit toujours recourir à des pratiques assurant un approvisionnement régulier en bois tout en maintenant l'intégrité écologique et la capacité de production de la forêt. Il est également important de tenir compte des valeurs et des aspirations des collectivités locales à toutes les étapes du processus (lors des consultations des collectivités, de la planification, de la conception, de l'implantation et de l'exploitation).

Pour tous les biocombustibles, le coût dépendra du prix des autres utilisations possibles de la biomasse. Il est donc important d'obtenir des contrats d'approvisionnement à long terme. Par exemple, on pourrait trouver un débouché comme matériau d'aménagement paysager pour l'écorce qui était jusque là gratuite. Le remplacement de résidus de biomasse peu coûteux, mais devenant rares, par des biocombustibles plus coûteux, par exemple des copeaux d'arbres entiers, peut entraîner des hausses soudaines des coûts, les rapprochant de ceux des combustibles fossiles. Lorsqu'il existe un important besoin local de biomasse pour des applications non énergétiques mais à forte valeur ajoutée, comme la pâte à papier, le coût des biocombustibles de qualité dépassera leur valeur énergétique.

Biocombustibles : granules de bois

LIVRAISON ET ENTREPOSAGE

À moins qu'il ne soit produit sur place, le biocombustible des petites installations de chauffage à la biomasse est normalement livré par camion. Il peut s'agir :

- de camions à benne;
- de camions ou de remorques autodéchargeants;
- de camions ou de remorques déchargés par chargeuse;
- de livraisons de granules en sacs ou en vrac.

Chaque option a un impact sur la configuration du système. Pour des précisions supplémentaires, voir l'encadré « Modes de livraison des biocombustibles » à l'**annexe 1**.

La configuration de votre installation de réception et d'entreposage dépendra du mode de livraison prévu pour le biocombustible. Dans le cas de petits systèmes, on peut acheter suffisamment de combustible pour toute une saison et l'entreposer sur place. Par contre, les gros systèmes nécessitent des livraisons régulières (quotidiennes ou hebdomadaires) selon leur puissance et la capacité de l'aire d'entreposage. La capacité de l'installation de réception doit bien sûr être suffisante pour recevoir une quantité de combustible au moins égale à une charge complète de camion.

Les options d'entreposage dépendent du type de combustible. On peut entreposer les fragments de bois (utilisés dans les chaudières extérieures) dans un hangar ou les empiler à l'extérieur, à condition de les protéger de la pluie. Les bottes de paille parallélépipédiques seront conservées à l'intérieur; par contre, les bottes cylindriques peuvent être entreposées à l'extérieur avec des pertes relativement faibles.

Les biocombustibles en copeaux et en particules seront entreposés en tas dans un bâtiment au-dessus du niveau du sol ou placés dans un entrepôt spécial à structure rectangulaire ou pyramidale, dans un silo, ou encore dans une fosse construite en caissons de béton.

On doit tenir compte d'éléments semblables lorsqu'on utilise des déchets agricoles comme biocombustibles.

Réserve de biomasse à parois de béton

ÉTAPE 2 : DIMENSIONNEMENT DE L'INSTALLATION

Il est important de bien choisir la puissance de l'installation de chauffage à la biomasse ainsi que celle du système auxiliaire ou du système de secours. Cette puissance dépend de l'utilisation visée, et devrait être déterminée par des professionnels expérimentés. Le but visé est d'obtenir les plus bas coûts de production d'énergie en maximisant le temps de fonctionnement de l'installation dans ses conditions de rendement maximum. On cherchera aussi à obtenir les plus bas coûts d'exploitation. Les fournisseurs ou concepteurs de systèmes de chauffage à la biomasse peuvent aider à optimiser les dimensions d'un système. On utilise généralement deux approches pour le dimensionnement : celle de la charge de pointe et celle de la charge de base. L'approche choisie influe directement sur la puissance et le coût d'investissement du système.

LES DEUX APPROCHES DE LA CONCEPTION D'UN SYSTÈME

1. CHARGE DE POINTE

PRINCIPE

- Déterminer la charge de pointe (ou charge maximale) et concevoir ensuite un système surdimensionné pour répondre à des surcharges imprévues.

AVANTAGES

- Permet une consommation minimale de combustibles fossiles par le système auxiliaire ou de secours.
- Privilégie une utilisation maximale de la biomasse.
- Permet d'augmenter la production d'énergie au coût marginal (si le prix du biocombustible est peu élevé).
- Procure une marge de réserve autorisant une augmentation ultérieure des besoins de chauffage.

INCONVÉNIENTS

- Le choix d'un gros système augmente fortement le coût d'investissement (et les frais d'exploitation).
- Dans le cas de besoins variables (p. ex., le chauffage de bâtiments), l'installation fonctionne la plupart du temps à des régimes transitoires, ce qui se traduit par une diminution du rendement et une hausse de la consommation de biocombustible.
- Lorsque l'installation est utilisée à faible régime, il peut y avoir de fortes émissions de fumée, et la combustion est souvent instable.

2. CHARGE DE BASE

PRINCIPE

- Maximiser le rapport coût-efficacité en déterminant les dimensions de l'installation en fonction de la charge de base. Pour les périodes de pointe, utiliser une chaudière auxiliaire à combustible fossile, à plus faible coût d'investissement.

AVANTAGES

- Augmente la durée pendant laquelle l'installation de chauffage à la biomasse fonctionne à plein régime (conditions optimales),à de façon à maximiser le rendement saisonnier.
- Réduit significativement le coût d'investissement.
- Assure une meilleure régulation du système, ce qui optimise le rendement et réduit les émissions polluantes.

INCONVÉNIENTS

- Il faut ajouter un système classique pour les charges de pointes.
- L'utilisation des combustibles fossiles est plus élevée.

De façon générale, on utilise plus souvent la méthode de conception en fonction de la charge de pointe pour les grandes installations dont la demande en énergie est élevée et continue. Par contre, la méthode de conception en fonction de la charge de base (avec un système de pointe à combustible fossile) est plus fréquente pour les petites installations réservées au chauffage de locaux, ou pour des besoins thermiques variables.

Il peut survenir de grandes différences dans la demande en puissance de chauffage au cours de l'année, par exemple, entre la demande des procédés, en été, et la demande combinée des procédés et du chauffage, en hiver. Dans ce cas, on peut utiliser deux chaudières distinctes, une petite unité pour l'été et une autre plus grosse pour répondre à la charge principale d'hiver, les deux étant utilisées simultanément pendant les périodes de demande de pointe. Ainsi, chaque unité peut fonctionner plus longtemps dans la portion de sa plage de fonctionnement optimale, ce qui assure un meilleur rendement. De plus, on dispose toujours d'une certaine puissance de réserve lorsqu'une unité est hors service pour entretien, par exemple.

L'évaluation de la puissance nécessaire d'une installation doit prendre en compte plusieurs facteurs, notamment :

- les besoins thermiques variables (p. ex., pour le chauffage des bâtiments et de l'eau chaude sanitaire pendant les périodes les plus froides, ou pendant les périodes de demande de pointe au cours de l'année);
- les besoins thermiques constants de procédés (par ex., pour des buanderies ou des séchoirs à bois);
- les pertes thermiques des systèmes;
- le besoin d'un système de pointe peu coûteux à combustible classique.

On recommande aux intéressés de consulter des spécialistes en conception ou des fabricants avant de passer à l'étape suivante.

ÉTAPE 3 : CHOIX D'UN FOURNISSEUR

Avant de choisir un fournisseur, mettez par écrit les spécifications du système recherché, de façon à définir ce que vous attendez du fournisseur. Ces spécifications sont la description technique ou le « bleu » du nouveau système de chauffage à la biomasse, qui précise sa nature, son emplacement, sa consommation en biocombustible et sa puissance thermique, ses fonctions et son mode d'opération. Il est important d'établir des spécifications précises parce que, contrairement à ce qu'on observe pour les systèmes classiques, il y a un nombre limité de fournisseurs spécialisés dans les systèmes de chauffage à la biomasse. Les informations disponibles sur l'utilisation des biocombustibles, et les experts qualifiés en bioénergie sont assez rares. Vous ne pourrez voir en opération dans votre région que peu de systèmes similaires à celui que vous envisagez d'installer. Compte tenu de ces contraintes, on présentera les informations requises sous forme de spécifications écrites ou de documents d'appel d'offres, indiquant ce que le système doit faire et dans quelles conditions mais, habituellement, sans en préciser le modèle exact. Le fournisseur (soumissionnaire) est libre de proposer le modèle qui, selon lui, répond le mieux aux spécifications.

Les spécifications sont des lignes directrices permettant aux fournisseurs de proposer un devis pour une installation de chauffage à la biomasse et de la réaliser. Elles peuvent comporter une liste détaillée de composants particuliers ou, à l'inverse, n'indiquer que le type de combustible, la puissance approximative et les caractéristiques générales de rendement et de fonctionnement, et être rédigées par l'acheteur, l'exploitant, le personnel des installations, un ingénieur, un consultant ou un entrepreneur spécialisé en chauffage à la biomasse, engagé à contrat. Voir l'encadré sur les spécifications pour plus de précisions.

Une fois que les spécifications sont prêtes, on peut obtenir la liste des fournisseurs possibles de plusieurs façons :

- en communiquant avec les utilisateurs de systèmes de chauffage à la biomasse de la région;
- en communiquant avec les ministères fédéral et provinciaux responsables des ressources naturelles, de l'énergie ou de l'industrie;
- en cherchant dans les annonces de revues spécialisées et en visitant les expositions et les foires commerciales.

Pour choisir un fournisseur ou un consultant, il est important de tenir compte des facteurs suivants :

- Depuis combien de temps l'entreprise existe. Il est fort probable qu'une firme réputée, établie depuis longtemps, offre de meilleurs systèmes, des services de soutien plus complets, ainsi que de meilleures garanties de rendement qu'une entreprise mise sur pied à la hâte pour profiter d'un nouveau marché.
- Le nombre de systèmes encore en service. Un grand nombre d'installations utilisées pour diverses applications est la preuve qu'un fournisseur s'est familiarisé avec une vaste gamme de combustibles, de charges et de contraintes d'exploitation.
- La présence du fournisseur dans la région. Un fournisseur qui a des représentants (et des installations) sur place est bien renseigné sur la qualité des combustibles locaux, sur la disponibilité des entreprises de service compétentes et sur tous les aspects régionaux des normes environnementales et des exigences réglementaires.
- Le degré d'intégration verticale. Une firme qui conçoit, fabrique, installe et fait l'entretien de ses propres installations de chauffage à la biomasse peut habituellement offrir de meilleurs services qu'un directeur de projet dont les services se limitent à commander les composants d'un système et à les assembler, peut-être même sans avoir aucune expérience d'un modèle donne.

SPÉCIFICATIONS IMPORTANTES D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Les points clés des spécifications sont notamment :

Combustible :
Quel type de biomassse sera le plus utilisé et quelles sont ses caractéristiques particulières (teneur en humidité, granulométrie, constituants, etc.)? Quel type de camions doit-on utiliser pour la livraison et de quelle capacité, et quel doit être leur mode de déchargement?

Entreposage :
Quelle est la durée de la période de fonctionnement entre des livraisons assurées de combustible? Y a-t-il des contraintes quant à l'emplacement ou au type des réserves?

Emplacement :
Est-ce que l'installation sera située dans une chaufferie existante, dans une annexe ou dans un nouveau bâtiment spécial? Y a-t-il des restrictions quant à la hauteur ou à l'emplacement de la cheminée?

Charge :
Quelles sont la charge de pointe, la demande énergétique annuelle et la forme de la courbe des besoins thermiques? Y a-t-il des exigences particulières pour la réponse aux besoins thermiques, le rapport de réglage ou la proportion de la charge de pointe à assurer? Y a-t-il des systèmes de secours ou de pointe ou faudra-t-il en installer?

Exploitation :
Quels sont le degré d'automatisation et le personnel en place pour faire fonctionner l'installation? Quelles sont les contraintes associées aux temps de panne, à la disponibilite des entreprises de service, etc.?

Autres points :
Y a-t-il des contraintes particulières quant aux émissions, au rendement, au bruit, etc.?

Une fois que les spécifications sont prêtes, on peut obtenir la liste des fournisseurs possibles de plusieurs façons :

- en communiquant avec les utilisateurs de systèmes de chauffage à la biomasse de la région;
- en communiquant avec les ministères fédéral et provinciaux responsables des ressources naturelles, de l'énergie ou de l'industrie;
- en cherchant dans les annonces de revues spécialisées et en visitant les expositions et les foires commerciales.

Pour choisir un fournisseur ou un consultant, il est important de tenir compte des facteurs suivants :

- Depuis combien de temps l'entreprise existe. Il est fort probable qu'une firme réputée, établie depuis longtemps, offre de meilleurs systèmes, des services de soutien plus complets, ainsi que de meilleures garanties de rendement qu'une entreprise mise sur pied à la hâte pour profiter d'un nouveau marché.
- Le nombre de systèmes encore en service. Un grand nombre d'installations utilisées pour diverses applications est la preuve qu'un fournisseur s'est familiarisé avec une vaste gamme de combustibles, de charges et de contraintes d'exploitation.
- La présence du fournisseur dans la région. Un fournisseur qui a des représentants (et des installations) sur place est bien renseigné sur la qualité des combustibles locaux, sur la disponibilité des entreprises de service compétentes et sur tous les aspects régionaux des normes environnementales et des exigences réglementaires.
- Le degré d'intégration verticale. Une firme qui conçoit, fabrique, installe et fait l'entretien de ses propres installations de chauffage à la biomasse peut habituellement offrir de meilleurs services qu'un directeur de projet dont les services se limitent à commander les composants d'un système et à les assembler, peut-être même sans avoir aucune expérience d'un modèle donné.

SPÉCIFICATIONS IMPORTANTES D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Les points clés des spécifications sont notamment :

Combustible :
Quel type de biomassse sera le plus utilisé et quelles sont ses caractéristiques particulières (teneur en humidité, granulométrie, constituants, etc.)? Quel type de camions doit-on utiliser pour la livraison et de quelle capacité, et quel doit être leur mode de déchargement?

Entreposage :
Quelle est la durée de la période de fonctionnement entre des livraisons assurées de combustible? Y a-t-il des contraintes quant à l'emplacement ou au type des réserves?

Emplacement :
Est-ce que l'installation sera située dans une chaufferie existante, dans une annexe ou dans un nouveau bâtiment spécial? Y a-t-il des restrictions quant à la hauteur ou à l'emplacement de la cheminée?

Charge :
Quelles sont la charge de pointe, la demande énergétique annuelle et la forme de la courbe des besoins thermiques? Y a-t-il des exigences particulières pour la réponse aux besoins thermiques, le rapport de réglage ou la proportion de la charge de pointe à assurer? Y a-t-il des systèmes de secours ou de pointe ou faudra-t-il en installer?

Exploitation :
Quels sont le degré d'automatisation et le personnel en place pour faire fonctionner l'installation? Quelles sont les contraintes associées aux temps de panne, à la disponibilité des entreprises de service, etc.?

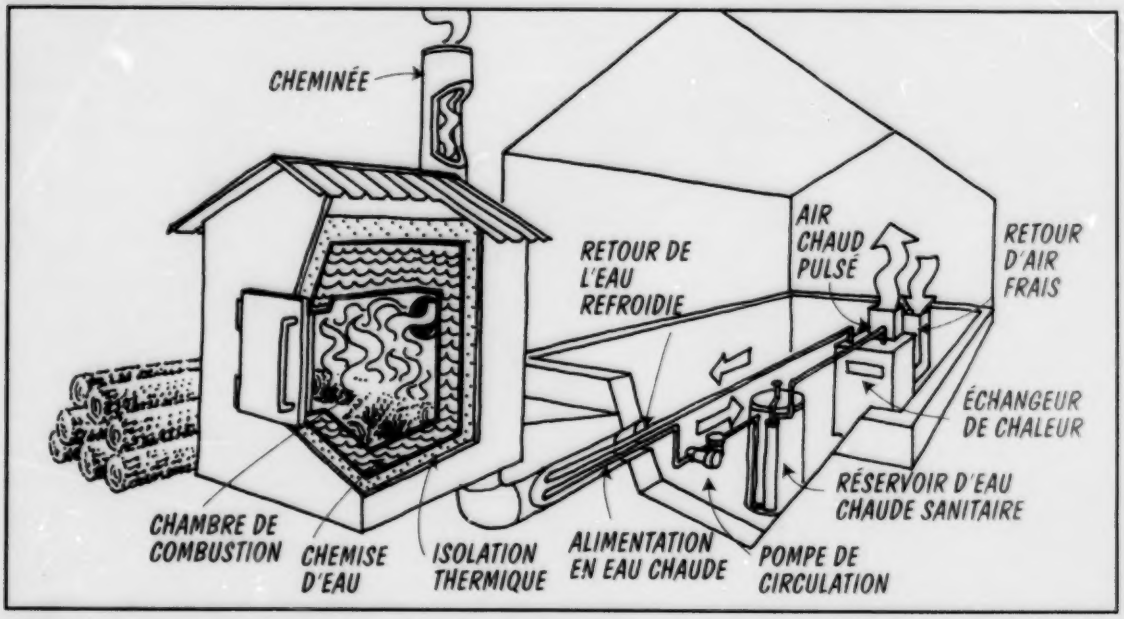
Autres points :
Y a-t-il des contraintes particulières quant aux émissions, au rendement, au bruit, etc.?

CHAPITRE 3 :
CARACTÉRISTIQUES D'EXPLOITATION ET DE CONCEPTION

Ce chapitre porte sur les caractéristiques de conception et d'exploitation des petites installations de chauffage à la biomasse. On trouvera au **chapitre 7** la définition de plusieurs termes utilisés ici.

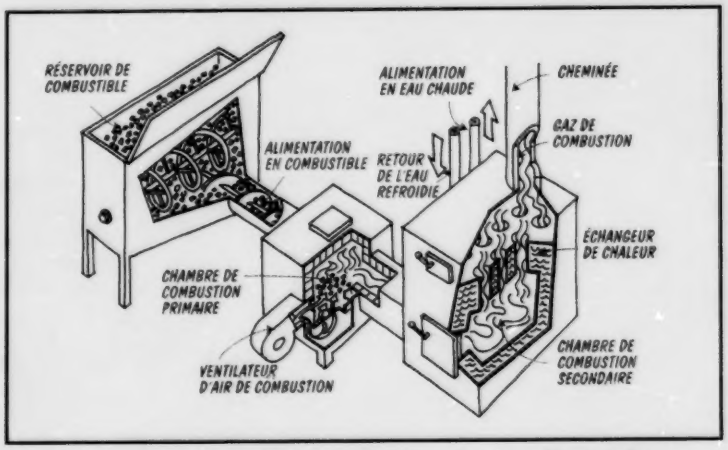
TYPES DE SYSTÈMES

Les configurations d'installations de chauffage à la biomasse sont déterminées par les divers modes d'alimentation en combustible et en air, par le modèle de la chambre de combustion et de la grille, ainsi que par le type d'échangeur de chaleur, d'évacuation des gaz et de manutention des cendres. Les installations canadiennes appartiennent généralement à l'une des trois grandes catégories suivantes : les **petits systèmes à alimentation manuelle** (50 à 280 kW) brûlant des fragments de bois, qui sont habituellement des chaudières extérieures à réseau de distribution d'eau chaude; les **petits systèmes à alimentation automatique** (50 à 500 kW), brûlant des particules, qui sont habituellement des systèmes à deux étages, à chaudière à tubes de fumée; et les systèmes **de taille moyenne à alimentation entièrement automatique** (400 kW et plus), brûlant des particules de bois, habituellement à grille fixe ou mobile et pourvus d'une chaudière (intégrale ou adjacente) à tubes de fumée pour le chauffage du caloporteur (eau, vapeur ou huile thermique).



Modèle courant d'une petite installation de chauffage à la biomasse, à alimentation manuelle

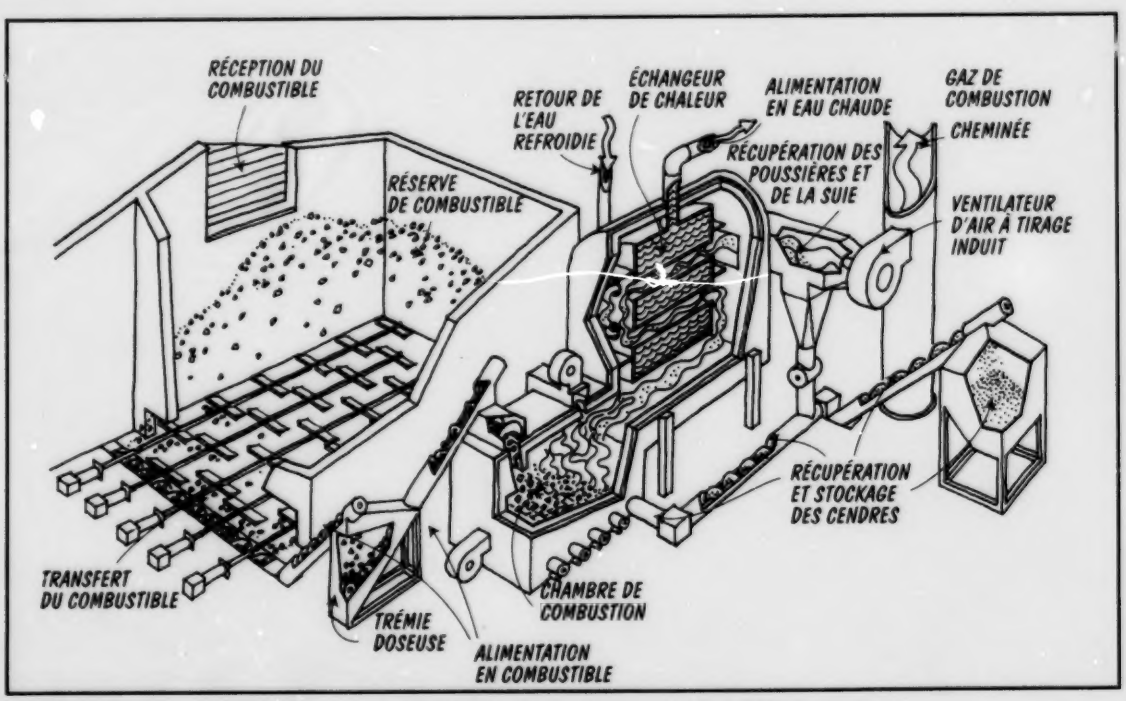
En plus de ces types généraux, il existe une grande variété de systèmes spéciaux pour assurer la combustion de la biomasse, conçus en fonction des caractéristiques particulières d'un biocombustible. On utilise des chaudières à lit en suspension, de type cyclone ou ordinaire, pour les combustibles secs et très fins comme la sciure de bois, les particules des broyeurs à marteaux ou celles des appareils de ponçage. On peut injecter à l'aide d'un dispositif pneumatique des matières de plus grande taille dans le tube de combustion à grille fixe et à revêtement réfractaire d'une chaudière du type marine écossaise.



Modèle courant de petite installation de chauffage à la biomasse, à alimentation automatique

On utilise des chaudières à lit fluidisé (lit à bulles ou à grille à combustion tournante) pour les biocombustibles de qualité inférieure à forte teneur en humidité et/ou en cendres.

On a converti au biocombustible des chaudières à gaz ou au mazout classiques en y intégrant un gazogène qui transforme les biocombustibles solides en gaz combustibles, qui sont ensuite transférés et brûlés dans la chaudière d'origine.



Modèle courant d'installation de chauffage à la biomasse de taille moyenne, à alimentation automatique

ÉLÉMENTS DES SYSTÈMES

Les systèmes de combustion de la biomasse solide sont plus complexes que les systèmes à combustibles fossiles et ont habituellement besoin de composants supplémentaires, au-delà de la combinaison chaudière-échangeur de chaleur. Il faut donc intégrer avec soin les éléments des installations de chauffage à la biomasse pour assurer un bon fonctionnement et éviter les problèmes. Ces éléments sont notamment :

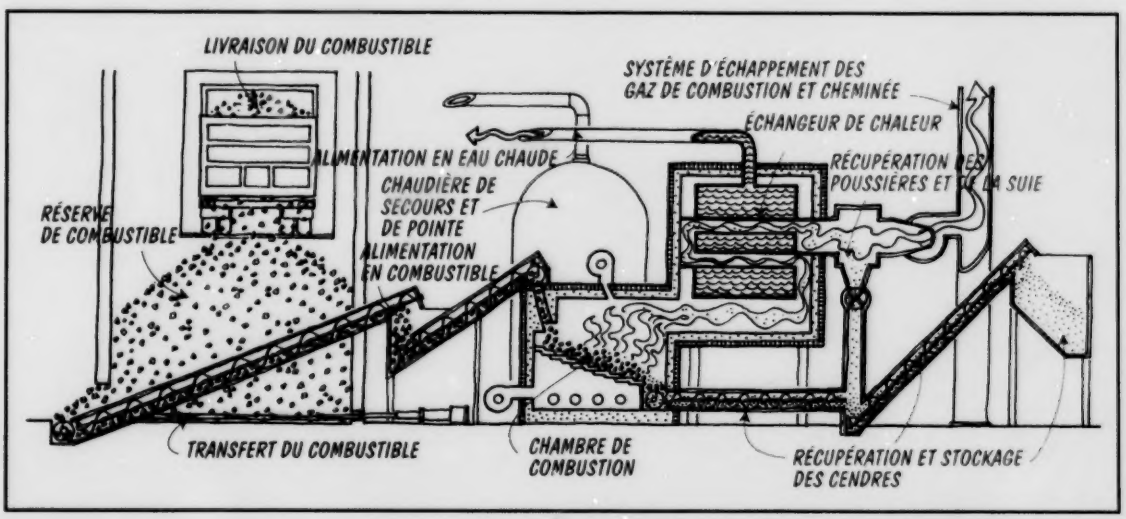
- **l'installation de réception du combustible;**
- **la réserve de combustible;**
- **le système de transfert du combustible de la réserve vers la chambre de combustion;**
- **le système d'alimentation de la chambre de combustion;**
- **la chambre de combustion;**
- **l'échangeur de chaleur;**
- **le système d'élimination et d'entreposage des cendres;**
- **le système d'évacuation des gaz comprenant la cheminée et le système de collecte des poussières et de la suie;**
- **l'instrumentation, les systèmes de régulation et de sécurité;**
- **les unités de secours** à combustible fossile;
- **les chaudières de pointe** à combustible fossile.

Dans cette section, on examine l'importance de chacun de ces composants dans l'ensemble de l'installation.

RÉCEPTION DU BIOCOMBUSTIBLE

Pour pouvoir livrer le biocombustible, il est essentiel d'avoir un accès direct au site par camion (contrairement à la livraison du mazout, qui peut se faire à distance, un tuyau reliant le camion au réservoir d'entreposage). Évitez les pentes abruptes, les chemins étroits et les virages serrés. La hauteur libre doit être suffisante et le revêtement en mesure de résister aux lourdes charges, surtout à l'endroit où reposent les roues arrière du camion pendant le déchargement. N'oubliez pas que les camions se déchargent par l'arrière et doivent avoir assez d'espace pour manœuvrer; sinon ils doivent pouvoir circuler en marche arrière à partir de la route principale. Les fragments de bois utilisés pour les chaudières extérieures, sont habituellement déchargés et transférés à la main et exigent moins d'infrastructures de réception.

Chargeuse transportant le biocombustible à une fosse d'alimentation



Éléments d'une installation de chauffage à la biomasse

ENTREPOSAGE DU BIOCOMBUSTIBLE

On peut entreposer les particules de biocombustible à l'extérieur ou à l'intérieur.

L'entreposage à l'intérieur protège le biocombustible des précipitations (et souvent du gel), et peut éviter une réserve intermédiaire. Cependant, ce type d'entreposage entraîne des coûts d'investissement élevés et peut causer d'autres problèmes, par exemple, des difficultés de remplissage à pleine capacité, un appauvrissement en oxygène dû aux réactions biologiques si la ventilation est insuffisante, et des dommages liés à la pression de la charge contre les parois. L'entreposage intérieur de ces matières peut être fait en surface (bâtiments, silos ou réserves) ou sous le niveau du sol (fosse en caissons de béton). Les formes des réserves sont très variables (p. ex., bâtiments à structure parallélépipédique ou pyramidale).

Pour les petits systèmes à alimentation automatique à la biomasse, alimentés en particules, l'entreposage se fait souvent dans un simple hangar. Le combustible est déchargé sur une surface asphaltée, puis transféré dans l'aire d'entreposage à l'aide d'une chargeuse. Pour les systèmes de taille moyenne, on utilise une réserve ou un silo muni d'une fosse dans laquelle le combustible est déchargé directement, ou d'un convoyeur reliant le puits de réception au sommet des installations d'entreposage en surface.

L'entreposage à l'extérieur est peu coûteux et permet de réaliser facilement un mélange uniforme de divers combustibles, plus commode pour l'alimentation de la chaudière. Souvent utilisé dans les grands systèmes des services publics, l'entreposage extérieur de particules combustibles est rare dans les petites installations visées par ce guide. Il présente des inconvénients, par exemple, une augmentation de la teneur en humidité à cause des précipitations, la possibilité de décomposition dans les lieux humides et la contamination du combustible par des salissures. Il y a aussi des possibilités de formation de grosses masses agglomérées par les précipitations ou le gel et des problèmes environnementaux associés à l'écoulement d'eaux de lixiviation et à l'entraînement de poussières par le vent. De plus, il nécessite une manipulation supplémentaire pour l'acheminement du combustible et son transfert dans une réserve intermédiaire.

On doit placer les fragments de bois destinés aux systèmes à alimentation manuelle dans un lieu d'entreposage protégé, de préférence près de la chaudière extérieure. Les bûches de bois vert doivent sécher à l'air pendant au moins une saison avant d'être utilisées.

TRANSFERT DU COMBUSTIBLE DE LA RÉSERVE VERS LA CHAMBRE DE COMBUSTION

Lors de la conception d'un système, le mode d'acheminement des particules de l'entreposage à la chambre de combustion est un élément important d'une installation de chauffage à la biomasse. À cette fin, on utilise normalement des chargeuses dans les bâtiments d'entreposage de surface, ou des appareils de transfert de combustible à fond mobile et des vis sans fin dans les réserves ou les silos.

Les interruptions ou les retards dans l'acheminement du combustible sont directement liés à certaines de leurs propriétés, par exemple, mauvaises conditions d'écoulement, compactage, présence de masses gelées, ou encore présence de particules trop grosses ou de contaminants. Une réserve inégalement remplie peut entraîner un fonctionnement erratique des racloirs hydrauliques et la formation d'amoncellements au-dessus des déchargeuses. Les convoyeurs à vis peuvent être obstrués par des bâtons, des fils métalliques ou des gants, par exemple.

Dans le cas des chaudières extérieures, le transfert du combustible à la main est une opération simple, mais exigeante en main-d'œuvre.

ALIMENTATION DE LA CHAMBRE DE COMBUSTION

On devra utiliser des convoyeurs mécaniques pour transférer les particules de combustible de la sortie du lieu d'entreposage (ou de la réserve intermédiaire de combustible) au système d'injection de combustible de la chambre de combustion.

Les vis sans fin, fermées ou ouvertes, sont l'appareil de transfert le plus commun dans les petits systèmes à alimentation automatique. Leur travail est habituellement facilité par un dispositif brisant les accumulations, monté sur la trémie doseuse. Les vis sans fin sont relativement compactes, simples et robustes, mais ne conviennent qu'aux trajets rectilignes de pente faible à moyenne. Le principal problème est le blocage de la vis dû à des morceaux gênants dans le combustible (bâtons, masses gelées ou matières fibreuses). On doit choisir avec soin les dispositifs de protection contre les surcharges (dispositif électrique ou goupille de cisaillement) afin de protéger le pas de la vis et son couvercle contre les effets des blocages; un modèle à accès facile simplifie les opérations de déblocage manuel.

Étant donné que le combustible est déchargé par lots dans la réserve, on utilise souvent, à la fin de la chaîne, juste avant l'injecteur de combustible de la chambre de combustion, une petite trémie doseuse

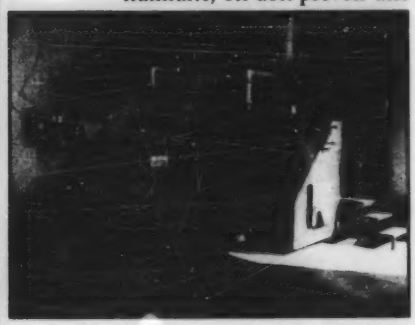
pour assurer le réglage fin de l'injection de combustible dans la chambre de combustion. Celle-ci doit être pourvue d'un fond entièrement mobile (de préférence avec des parois à pente négative) pour éviter les accumulations, ainsi que d'indicateurs de niveau élevé et bas réglant le débit du combustible à partir de la réserve. Ces indicateurs de niveau peuvent être mécaniques (fixes ou rotatifs) ou électriques (à capteurs photoélectriques ou à détection de proximité).

On peut effectuer le transfert final du combustible de la trémie doseuse à la chambre de combustion de diverses façons : vis sans fin (alimentée par le bas, par le haut ou par le côté), piston, goulotte ou injecteur pneumatique (souvent de type cyclone). Le retour du gaz de combustion par l'orifice d'entrée du combustible est limité par des trémies à sas, des écluses rotatives ou simplement par la résistance à l'écoulement du combustible dans la vis sans fin. L'alimentation en combustible est réglée séparément par les signaux des capteurs de la trémie doseuse.

CHAMBRE DE COMBUSTION

En plus du dispositif d'alimentation en combustible, la chambre de combustion comporte une alimentation en air, ainsi qu'une enceinte fermée pour la combustion. Elle doit aussi être pourvue d'une grille, d'un dispositif d'élimination des cendres résiduelles et d'une sortie pour les gaz chauds. Dans les petits systèmes extérieurs, la chambre de combustion est une simple boîte rectangulaire en acier (ordinaire ou inoxydable) à chemise d'eau intégrale, munie d'une grande porte de fonte pour l'alimentation en combustible et l'élimination des cendres. L'air nécessaire à la combustion est pulsé ou aspiré par tirage naturel et peut être préchauffé. L'approvisionnement en air est contrôlé par un thermostat en réponse à la demande énergétique. Les gaz brûlés passent par un court tuyau et sont évacués par une cheminée d'acier isolée, montée sur l'unité. Une chambre de combustion est en général entourée d'un caisson en tôle et isolée. Ce module se déplace et s'installe d'un seul bloc.

Si on utilise des combustibles à forte teneur en humidité, on doit prévoir une façon de retenir la chaleur dans la chambre. Il faut une grande quantité d'énergie pour sécher et brûler le combustible entrant, et l'on doit maintenir une température élevée dans la chambre de combustion. À cette fin, on utilise souvent un revêtement réfractaire (p. ex., des briques réfractaires) qui rayonne et reflète la chaleur sur la couche de matières combustibles, en plus de protéger les parois et la base de la chaudière des températures élevées dans la zone de combustion.



Petit système commercial de chauffage à la biomasse

La plupart des chambres de combustion sont pourvues de grilles facilitant la circulation de l'air sous le combustible enflammé, qu'elles supportent. Les grilles sont habituellement en fonte ou en matière réfractaire; elles peuvent être en pente ou non, plates ou en gradins, à fond stationnaire ou mobile. Toutes les grilles sont percées de trous qui permettent le passage de l'air à travers le feu. Les gros systèmes utilisent des grilles mobiles afin de maintenir un lit uniforme de combustible et de déplacer progressivement le combustible incandescent au-dessus de zones alimentées en air par le bas. De plus, les cendres, qui constituent un obstacle à la libre circulation de l'air, sont évacuées par ce mouvement.

L'approvisionnement en air est essentiel pour entretenir la combustion. En plus de l'air circulant sous le feu, de l'air injecté au-dessus du lit du combustible fournit de l'oxygène et crée une turbulence favorisant une combustion complète. Une régulation efficace d'équilibrage de l'air au-dessus et au-dessous du feu est essentielle pour que le combustible soit entièrement brûlé, y compris les matières carbonées qui peuvent rester sur la grille et les matières volatiles libérées dans l'air par le combustible enflammé.

Le gaz de combustion chaud sort de la chambre de combustion et passe dans l'échangeur de chaleur soit directement (dans les systèmes intégraux), soit par un conduit réfractaire et une chambre de combustion secondaire (dans les systèmes à plusieurs étages). Dans les petits systèmes extérieurs, les gaz passent directement dans la cheminée.

ÉCHANGEURS DE CHALEUR

Les échangeurs de chaleur récupèrent la chaleur soit directement, dans la zone de combustion, soit indirectement, par refroidissement des gaz chauds qui les traversent. Dans les chaudières extérieures, l'échangeur de chaleur primaire est une simple chemise d'eau isolée qui entoure la chambre de combustion.

Dans les grands systèmes, on utilise des chaudières à caloporteur (eau, vapeur ou huile) pour le transfert de la chaleur. Ces échangeurs de chaleur sont soit des tubes de fumée, soit des tubes d'eau. Dans le premier cas, les gaz de combustion passent par des tubes traversant une chaudière remplie d'eau; dans le second, ils passent par une chaudière traversée de tubes dans lesquels circule de l'eau.

Une pompe électrique propulse l'eau chaude jusqu'à la zone à chauffer par des tuyaux isolés.

SYSTÈME D'ÉLIMINATION DES CENDRES

Il y a deux types de cendres : les cendres résiduelles, qui demeurent dans la chambre de combustion, sur la grille, et les cendres volantes, qui sont suffisamment légères pour rester en suspension dans l'air et être entraînées à l'extérieur de la zone de combustion primaire avec les gaz de combustion.

Enlèvement manuel quotidien des cendres produites par une petite installation de chauffage à la biomasse

Pour les chaudières extérieures à alimentation manuelle et certaines petites installations à alimentation automatique, les cendres résiduelles, une fois refroidies, sont enlevées à la main du fond plat à revêtement réfractaire par la porte de la chambre de combustion.

Dans un système à grille, les cendres s'accumulent en dessous ou à côté de celle-ci, et on les retire soit à la main, soit automatiquement à l'aide d'une vis sans fin.

Entraînées par les gaz de combustion, les cendres volantes peuvent se déposer à plusieurs endroits. Ces accumulations peuvent se former dans une chambre de combustion secondaire, dans des zones de dépôt spécialement conçues à cet effet ou à la surface des échangeurs de chaleur dans la chaudière. On doit enlever les cendres à intervalles réguliers pour maintenir l'efficacité du transfert de chaleur. Dans les petits systèmes, on peut les enlever à la main à l'aide d'une brosse. Dans certains modèles, les cendres volantes s'accumulent dans un dispositif spécial de collecte des matières particulaires. Elles peuvent également tomber au fond de la cheminée ou être entraînées dans l'atmosphère sous forme de poussières.

La fréquence de l'élimination des cendres dépend du système, de la teneur en cendres du biocombustible et du degré de parachèvement de la combustion, et peut varier d'une à deux fois par an à une fois par semaine.

On rencontre divers problèmes lors de l'élimination et de la manipulation des cendres :

- Il peut se former du mâchefer ou des scories. S'il y a des points chauds dans la chambre de combustion, les températures élevées peuvent faire fondre les cendres sèches, normalement floconneuses, qui forment en se refroidissant une masse vitreuse très dure, le mâchefer. Ces dépôts peuvent adhérer aux grilles et bloquer les vis sans fin utilisées pour enlever les cendres.
- Les cendres des matières biocombustibles sont légères et peuvent créer des problèmes d'empoussièrement si les systèmes ne sont pas entièrement confinés.
- Exposées à l'air, les cendres à forte teneur en carbone et insuffisamment refroidies peuvent causer des incendies (voire des explosions).

Système d'extraction et de stockage des cendres d'une installation de chauffage à la biomasse automatisé

En général, les cendres de biomasse ne sont pas considérées comme des déchets dangereux, et on peut les éliminer dans les décharges locales. Cependant, elles constituent souvent d'excellents amendements pour le sol et peuvent être utilisées par les jardiniers et agriculteurs de l'endroit, ou encore épandues dans les champs ou dans les boisés. L'élimination des cendres peut présenter certaines difficultés en cas de combustion incomplète ou de fortes teneurs en matières carbonées non brûlées.

SYSTÈMES D'ÉVACUATION DES GAZ ET CHEMINÉES

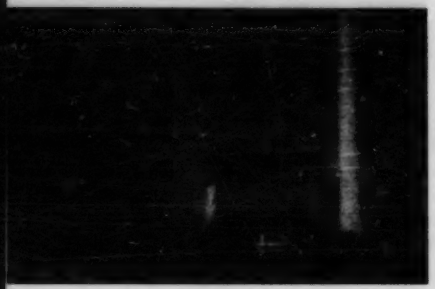
Il y a trois types d'évacuation des gaz : à tirage naturel, à tirage induit et à tirage forcé.

Le tirage naturel est limité aux systèmes relativement petits, dans lesquels le rejet d'air chaud par la cheminée crée une pression négative et entraîne les gaz de combustion.

Dans les petites chaudières extérieures, les gaz de combustion sont acheminés par un court tuyau vers la partie inférieure d'une cheminée montée sur l'unité.

Pour l'alimentation en air de la chambre de combustion, les systèmes à tirage forcé comportent des ventilateurs qui y créent une pression positive poussant le gaz à travers l'échangeur de chaleur et la cheminée. L'inconvénient de cette solution est que toute fuite du système libère des gaz de combustion dans la chaufferie.

Les systèmes à tirage induit sont munis d'un grand ventilateur situé en avant de la cheminée, qui aspire les gaz de combustion de la chaudière et les pousse vers la cheminée. Le tirage de ce ventilateur est réglé en fonction de l'alimentation en air, de façon à maintenir une très faible pression négative dans la chambre de combustion et à éviter toute fuite de gaz de combustion.



Cheminée de la maison pour personnes âgées Prince Edward Home de Charlottetown (Î.-P.-É.) – Chauffage centralisé, 1985

La capacité de la cheminée doit être soigneusement adaptée à celle du système de combustion de la biomasse. Les cheminées en maçonnerie ou en acier peuvent être isolées pour réduire le danger de condensation des gaz sortant d'échangeurs de chaleur fonctionnant à basse température. Pour déterminer la hauteur de la cheminée, on tiendra compte de la hauteur du bâtiment et des bâtiments voisins, du relief et des vents locaux.

Les cheminées des chaudières à biomasse doivent comporter à la base une porte d'accès pour l'élimination des cendres volantes, ainsi qu'un drain ouvert pour empêcher toute accumulation de glace.

INSTRUMENTATION, RÉGULATION ET SÉCURITÉ

L'instrumentation joue un rôle essentiel qui influe sur le rendement, la réponse à la demande d'énergie et le niveau de sécurité.

Dans les chaudières extérieures à alimentation manuelle, l'instrumentation est réduite à sa plus simple expression : un thermostat règle l'alimentation en air en réponse à la demande d'énergie.

Avec les installations à alimentation automatique, la stratégie de régulation est plus complexe. Les systèmes de chauffage à la biomasse modernes, entièrement automatiques, utilisent des ordinateurs ou des microprocesseurs pour équilibrer la production de chaleur en fonction de la demande. Les séquences de démarrage et d'arrêt sont programmées, et des alarmes se déclenchent en cas de conditions anormales.

L'un des rôles clés d'un système de régulation est d'ajuster les débits du biocombustible et de l'air dans la chambre de combustion afin d'assurer un haut rendement. Les systèmes les plus simples sont pourvus de commandes tout ou rien pour l'alimentation en combustible et en air. Ces commandes peuvent causer occasionnellement une mauvaise combustion et de forts dégagements de fumée au cours des périodes de faible demande, parce qu'elles ne peuvent pas répondre adéquatement aux fluctuations de la demande. Pour une meilleure régulation, certains systèmes disposent de deux modes de commandes tout ou rien, optimisés respectivement pour les fortes et les faibles demandes.

On obtient la meilleure régulation lorsque les débits du combustible et de l'air sont ajustés automatiquement et simultanément, de façon à maintenir un rapport adéquat dans des conditions de forte ou de faible demande. Le fonctionnement de ces systèmes est réglé par des microprocesseurs en fonction de la température du caloporteur, du tirage, de la production de gaz de combustion, de la teneur en oxygène, de la température extérieure, de l'heure du jour, etc.

Certaines exigences sont imposées par des considérations de sécurité. On doit protéger les systèmes de chauffage à la biomasse contre le retour de flamme à contrecourant de l'écoulement du biocombustible, à partir de la chambre de combustion. Un capteur de température dans le conduit d'alimentation en biocombustible, près de la chambre de combustion, peut activer un système d'extinction à l'eau qui inonde ce conduit. Il faut aussi prévoir un dispositif de sécurité qui coupe l'approvisionnement en biocombustible lorsque le feu s'éteint dans la chambre de combustion. Dans la chaufferie, on utilise habituellement des équipements ordinaires comme des détecteurs de fumée, des détecteurs de CO, ainsi qu'un réseau de gicleurs. En cas de conditions anormales, ces systèmes automatiques peuvent déclencher l'alarme et envoyer un message téléphonique d'urgence aux opérateurs.

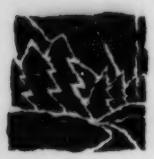
Les systèmes doivent être conçus pour fonctionner de façon sécuritaire en cas de panne de courant, et être pourvus d'une alimentation électrique de secours assurant le fonctionnement de l'ordinateur pour la séquence d'arrêt. Les pièces mécaniques mobiles dangereuses (par ex., les vis sans fin de transfert de combustible) doivent être recouvertes d'un capot pour prévenir les accidents.

SYSTÈMES DE SECOURS

La plupart des chaufferies à biocombustibles de type commercial ou institutionnel sont équipées d'une chaudière de secours au gaz ou au mazout. Dans un grand nombre d'installations ajoutées à une chaufferie existante, on a conservé les anciens systèmes de chauffage à combustible fossile comme systèmes de secours. Lors de la conception de nouvelles installations, on peut prévoir la mise en place d'une chaudière de secours additionnelle ou prévoir un brûleur supplémentaire. Ces brûleurs à combustible fossile sont fixés de façon permanente ou installés sur une porte articulée qu'on fait pivoter à la main pour les amener en position de fonctionnement en cas de besoin.

La présence d'un système de secours à combustible fossile permet :

- de produire de l'énergie pendant les périodes de très faible demande, pour lesquelles le chauffage à la biomasse est peu efficace ou peut entraîner la production d'émissions excessives de fumée;



- d'éviter les interruptions pendant les périodes normales d'arrêt des installations à la biomasse pour entretien;
- de poursuivre les opérations lorsque l'approvisionnement en combustible est épuisé ou que le système d'alimentation en combustible est bloqué par de grosses pièces;
- de prendre le relais lors de pannes du système primaire de combustion de la biomasse;
- de répondre aux charges de pointe qui dépassent les limites de l'installation à la biomasse;
- de répondre rapidement à une forte hausse de la demande.

Les systèmes de secours sont activés manuellement ou automatiquement par le système de régulation si le feu s'éteint ou que la demande en énergie dépasse la puissance limite de l'installation de chauffage à la biomasse. Dans les installations sans surveillance, on utilise souvent des systèmes jumelés entièrement automatiques, par exemple, pour le chauffage nocturne des établissements. Toute condition anormale de l'unité principale déclenche automatiquement son arrêt et le démarrage de l'unité de secours.

SYSTÈMES DE POINTE

Si une installation n'est amenée à fonctionner à son plein régime que pendant un petit nombre d'heures par saison, il est habituellement plus rentable d'installer un système moins puissant et d'y ajouter une chaudière de pointe à combustible fossile pour fournir la puissance supplémentaire requise. On peut alors choisir un système de chauffage à la biomasse de plus petite puissance en fonction de la charge de base. Les économies ainsi réalisées au niveau du coût d'investissement vont généralement compenser le coût du système de secours et du combustible fossile requis.

Le système de régulation est programmé : a) pour allumer la chaudière de pointe lorsque la demande dépasse la puissance du système de chauffage à la biomasse, et b) en cas de faible demande, pour arrêter l'unité à combustible fossile avant qu'il ne soit nécessaire de réduire la puissance du chauffage à la biomasse.

Dans les cas où il y a une forte différence entre la charge de base annuelle et une forte charge de pointe, on peut utiliser une deuxième chaudière à la biomasse; l'une des deux unités fonctionne à faible charge et les deux sont utilisées pour répondre aux charges de pointe. Dans beaucoup d'installations, on utilise un système à combustible fossile à la fois comme unité de secours et comme unité de pointe.

RENDEMENT DU SYSTÈME

L'objectif de la plupart des installations de chauffage à la biomasse est de réduire l'ensemble des coûts de chauffage tout en répondant à la demande en énergie. Comme les coûts d'investissement et d'exploitation des systèmes de chauffage à la biomasse sont souvent significativement plus élevés que ceux des systèmes à gaz ou au mazout, il est essentiel de générer un maximum d'économies de combustible et de tirer un rendement maximal de la biomasse. Les principales raisons du faible rendement de la plupart des installations de chauffage à la biomasse sont l'excès d'air et la forte teneur en humidité du combustible. De plus, des conditions de combustion propre, à haut rendement, sont indispensables pour satisfaire aux exigences de plus en plus strictes des règlements visant les émissions. La question du rendement est examinée de façon plus approfondie à l'**annexe 2**.

Dans l'industrie des appareils de chauffage, on parle beaucoup de « haut rendement », et très souvent de façon abusive. Le rendement est un rapport, habituellement exprimé en pourcentage, entre l'énergie thermique produite et l'apport en énergie du combustible. Cette valeur permet de calculer les pertes dues à l'exploitation du système, et donc la proportion d'énergie du combustible acheté qui est perdue.

Les systèmes à combustibles fossiles ont souvent un rendement très supérieur à celui des systèmes de combustion à la biomasse. Pour déterminer quel système convient le mieux à vos besoins, vous devez comprendre les facteurs qui influent sur le rendement et les évaluer correctement. Avec les valeurs de rendement des chaudières à la biomasse, on doit toujours mentionner le type de combustible et sa teneur en humidité, ce qui n'est pas nécessaire pour les systèmes à combustible fossile ne brûlant qu'un seul type normalisé de combustible.

On considère habituellement trois types différents de rendement (voir l'**annexe 2** pour un examen approfondi de chacun d'eux) :

1. **Rendement de combustion** – Cette valeur indique le degré de parachèvement de la combustion.
2. **Rendement de l'appareil** – Cette valeur combine le rendement de combustion et l'efficacité de l'échange de chaleur entre les gaz chauds et la charge de chauffage côté eau. Ce rendement est habituellement déterminé pour les conditions de fonctionnement à la puissance nominale de l'installation.
3. **Rendement saisonnier** – Cette valeur tient compte de tous les aspects du système de combustion et de distribution de la chaleur. Elle indique le rendement moyen de l'appareil dans diverses conditions, y compris les périodes de régimes transitoires, et pour une période de fonctionnement donnée, qui peut être l'hiver, l'année entière ou une autre période.

CHAPITRE 4 : AUTRES POINTS À CONSIDÉRER

Ce guide vise surtout à aider l'acheteur potentiel d'une installation de chauffage à la biomasse à prendre des décisions techniques et économiques éclairées. Dans les sections ci-dessous, on abordera diverses autres questions, souvent non techniques, mais qui jouent un rôle clé pour la réussite d'un projet, notamment :

- les autorisations des instances environnementales;
- les assurances;
- les incidences fiscales;
- les propositions de prix pour un système;
- le type de contrat;
- l'installation;
- les essais de démarrage, de mise en service et de rendement;
- les garanties;
- l'exploitation et l'entretien;
- la durée de vie de l'installation.

AUTORISATIONS DES INSTANCES ENVIRONNEMENTALES

Dès les premières démarches pour l'installation d'un système de chauffage à la biomasse, il est important de prendre connaissance des normes et des règlements fédéraux, provinciaux et municipaux, et plus particulièrement des règlements locaux visant la qualité de l'air, qui relèvent habituellement de la province. Les petits systèmes extérieurs alimentés manuellement peuvent aussi être visés par des règlements municipaux, à cause de la possibilité de fortes émissions non contrôlées. Il est conseillé de faire les demandes de permis dès le début d'un projet. De plus, il est généralement plus difficile d'obtenir les autorisations nécessaires pour un projet dans une région où la biomasse est rarement utilisée et méconnue que dans celles où l'on en utilise déjà beaucoup.

L'élimination des cendres n'est habituellement pas un problème, sauf pour les très gros systèmes. Souvent, le fournisseur aide les acheteurs à obtenir les approbations environnementales requises (ou fait les démarches pour eux). Les règlements visant les émissions des cheminées varient selon l'endroit (voir l'aperçu dans l'encadré **Règlementation visant les émissions**).

RÉGLEMENTATION VISANT LES ÉMISSIONS

Opacité – Densité des panaches de fumée des cheminées, obtenue en mesurant la diminution de l'intensité de la lumière passant à travers le panache. Une forte opacité correspond à de fortes teneurs en matières particulaires (suie) et en aérosols (fines gouttelettes de liquide). Cette mesure ne tient pas compte de l'effet de la condensation de la vapeur d'eau, car elle est lue avant la condensation de la vapeur d'eau au contact de l'air froid.

Poussières et suie – Quantité de matières solides libérées dans l'atmosphère, habituellement sous forme de cendres et de matières carbonées non brûlées. Des règlements différents peuvent s'appliquer aux matières particulaires totales et à celles de moins de 10 micromètres de diamètre. On les mesure en filtrant à chaud, sur un substrat à pores fines, un volume donné de gaz de cheminée.

Monoxyde de carbone, oxydes de soufre, oxydes d'azote et hydrocarbures – La plupart des problèmes dus à ces polluants atmosphériques sont liés aux gros systèmes de combustion, mais les petits systèmes peuvent aussi être visés par des règlements dans certains secteurs de non-conformité. On dose habituellement ces polluants en analysant un échantillon de gaz de cheminée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse ou d'un dispositif spécial d'analyse en ligne.

Substances cancérigènes – Certains règlements en vigueur ou proposés visent les émissions de diverses substances cancérigènes, notamment des métaux lourds comme l'arsenic, le plomb, le chrome, le nickel et le mercure, ainsi que des dioxines, des furannes et les composés phénoliques chlorés.

Dans certaines parties du pays, les règlements sont basés sur des limites s'appliquant à des émissions données, par exemple, en poids par unité de volume de gaz ou en poids par unité de poids de biocombustible avant combustion. Dans de nombreuses juridictions, on évalue globalement l'impact des émissions dans l'environnement immédiat de la chaufferie avant d'accorder un permis.

CHAPITRE 4 :
AUTRES POINTS À CONSIDÉRER

Ce guide vise surtout à aider l'acheteur potentiel d'une installation de chauffage à la biomasse à prendre des décisions techniques et économiques éclairées. Dans les sections ci-dessous, on abordera diverses autres questions, souvent non techniques, mais qui jouent un rôle clé pour la réussite d'un projet, notamment :

- les autorisations des instances environnementales;
- les assurances;
- les incidences fiscales;
- les propositions de prix pour un système;
- le type de contrat;
- l'installation;
- les essais de démarrage, de mise en service et de rendement;
- les garanties;
- l'exploitation et l'entretien;
- la durée de vie de l'installation.

AUTORISATIONS DES INSTANCES ENVIRONNEMENTALES

Dès les premières démarches pour l'installation d'un système de chauffage à la biomasse, il est important de prendre connaissance des normes et des règlements fédéraux, provinciaux et municipaux, et plus particulièrement des règlements locaux visant la qualité de l'air, qui relèvent habituellement de la province. Les petits systèmes extérieurs alimentés manuellement peuvent aussi être visés par des règlements municipaux, à cause de la possibilité de fortes émissions non contrôlées. Il est conseillé de faire les demandes de permis dès le début d'un projet. De plus, il est généralement plus difficile d'obtenir les autorisations nécessaires pour un projet dans une région où la biomasse est rarement utilisée et méconnue que dans celles où l'on en utilise déjà beaucoup.

L'élimination des cendres n'est habituellement pas un problème, sauf pour les très gros systèmes. Souvent, le fournisseur aide les acheteurs à obtenir les approbations environnementales requises (ou fait les démarches pour eux). Les règlements visant les émissions des cheminées varient selon l'endroit (voir l'aperçu dans l'encadré **Règlementation visant les émissions**).

RÉGLEMENTATION VISANT LES ÉMISSIONS

Opacité – Densité des panaches de fumée des cheminées, obtenue en mesurant la diminution de l'intensité de la lumière passant à travers le panache. Une forte opacité correspond à de fortes teneurs en matières particulaires (suie) et en aérosols (fines gouttelettes de liquide). Cette mesure ne tient pas compte de l'effet de la condensation de la vapeur d'eau, car elle est lue avant la condensation de la vapeur d'eau au contact de l'air froid.

Poussières et suie – Quantité de matières solides libérées dans l'atmosphère, habituellement sous forme de cendres et de matières carbonées non brûlées. Des règlements différents peuvent s'appliquer aux matières particulaires totales et à celles de moins de 10 micromètres de diamètre. On les mesure en filtrant à chaud, sur un substrat à pores fines, un volume donné de gaz de cheminée.

Monoxyde de carbone, oxydes de soufre, oxydes d'azote et hydrocarbures – La plupart des problèmes dus à ces polluants atmosphériques sont liés aux gros systèmes de combustion, mais les petits systèmes peuvent aussi être visés par des règlements dans certains secteurs de non-conformité. On dose habituellement ces polluants en analysant un échantillon de gaz de cheminée à l'aide d'un chromatographe en phase gazeuse ou d'un dispositif spécial d'analyse en ligne.

Substances cancérigènes – Certains règlements en vigueur ou proposés visent les émissions de diverses substances cancérigènes, notamment des métaux lourds comme l'arsenic, le plomb, le chrome, le nickel et le mercure, ainsi que des dioxines, des furannes et les composés phénoliques chlorés.

Dans certaines parties du pays, les règlements sont basés sur des limites s'appliquant à des émissions données, par exemple, en poids par unité de volume de gaz ou en poids par unité de poids de biocombustible avant combustion. Dans de nombreuses juridictions, on évalue globalement l'impact des émissions dans l'environnement immédiat de la chaufferie avant d'accorder un permis.

ASSURANCES

Certains propriétaires d'installations de chauffage à la biomasse ont vu leur prime d'assurance augmentée, parce que leur assureur estimait que ces systèmes présentent des risques d'incendie. Toutefois, plusieurs compagnies d'assurance mieux informées ne pénalisent pas les propriétaires si leur installation de chauffage à la biomasse est conforme aux normes de l'industrie et aux mesures de sécurité requises. On doit s'informer de l'incidence d'un système de chauffage à la biomasse sur les frais d'assurance dès le début du processus de planification. Les fournisseurs connaissent habituellement des compagnies d'assurances ouvertes à cette situation.

INCIDENCES FISCALES

L'installation d'un système de chauffage à la biomasse peut s'accompagner d'avantages fiscaux. Étant donné que les obligations fiscales des divers utilisateurs potentiels sont différentes, il est conseillé de s'informer au préalable à ce sujet.

La loi de l'impôt du gouvernement fédéral (déduction pour amortissement des biens de la catégorie 43.1) autorise une réduction de valeur accélérée pour le coût d'investissement de l'installation à la biomasse si la chaleur produite est utilisée dans un procédé industriel. La proportion annuelle de la déduction pour amortissement pour un bien de la catégorie 43.1 est de 30 % de la valeur résiduelle, soit un amortissement sur une période d'environ sept ans. Si on utilise la chaleur pour un autre usage qu'un procédé industriel (p. ex., pour le chauffage des bâtiments), on ne peut avoir recours à la réduction de valeur accélérée.

Les dispositions fiscales des provinces sont très variables. Par exemple, l'Île-du-Prince-Édouard taxe les systèmes à combustible fossile, mais non les installations à biomasse. Les fournisseurs de systèmes de chauffage à la biomasse peuvent souvent renseigner l'acheteur sur les modalités en vigueur dans la province.

PROPOSITIONS DE PRIX POUR UN SYSTÈME

Après avoir déterminé les spécifications d'un système, il faut demander des prix aux fournisseurs potentiels. Les deux approches utilisées à cette fin sont les demandes de soumissions en régime de concurrence et les demandes de soumissions officieuses.

Dans le premier cas, les propositions des fournisseurs doivent être basées sur les spécifications de rendement du système. Toutes les propositions des soumissionnaires conformes aux spécifications sont recevables. Elles indiquent les caractéristiques générales du système, notamment son rendement, et elles précisent les garanties et le prix prévu pendant une période donnée. Elles peuvent aussi présenter diverses options et leurs prix.

Les propositions reçues sont vérifées afin de déterminer si elles satisfont aux spécifications de rendement. Souvent, le choix final prend en compte les mérites relatifs de facteurs non quantifiables en fonction de leurs coûts. Par exemple, quelle hausse des coûts d'investissement peut-on accepter pour l'achat d'un système éprouvé présentant peu de risques? Est-ce que les économies réalisées grâce à une réduction de la main-d'œuvre compensent le supplément de coût pour l'automatisation?

Les avantages d'un processus de soumissions en régime de concurrence sont notamment :

- des prix habituellement plus bas dus à la compétition entre les soumissionnaires;
- l'encouragement à l'innovation, car les fabricants sont intéressés à développer des systèmes leur procurant un avantage concurrentiel;
- la plus grande gamme d'options offerte;
- le plus grand pouvoir de négociation de l'acheteur.

Dans le cas du processus de soumissions officieuses, l'acheteur (ou un professionnel qui le représente) examine les caractéristiques des systèmes disponibles, inspecte des installations existantes, interviewe les exploitants et sélectionne ensuite le type général de système et le fabricant qui semblent convenir le mieux au projet. Ensuite, l'acheteur et le vendeur négocient un contrat basé sur l'atteinte des spécifications de rendement à un prix intéressant.

Les avantages d'un processus de soumissions officieuses sont notamment :

- la simplicité de l'approche, qui permet un gain de temps appréciable dans la définition des spécifications de rendement, l'examen des soumissions, les négociations, etc.;
- la priorité habituellement accordée au rendement du système. Si, dans la région, on utilise avec succès un certain nombre de systèmes du fournisseur sélectionné, il est peu probable qu'on choisira un système non éprouvé (pour des raisons d'économie, par exemple).

TYPE DE CONTRAT

Plusieurs approches sont possibles pour la réalisation d'un projet et, dans tous les cas, il faut accorder une attention spéciale aux divers types de contrats. Ce sont :

1. la livraison clés en main par le fabricant;
2. la livraison clés en main par le fournisseur;
3. la livraison clés en main par le directeur du projet;
4. l'installation par l'acheteur.

Pour plus de précisions sur chacune d'elles, voir l'encadré **Les différents modes d'achat d'une installation de chauffage à la biomasse.**

LES DIFFÉRENTS MODES D'ACHAT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

1 *Livraison clés en main par le fabricant*
L'acheteur commande un système clés en main au fabricant, sans passer par des intermédiaires. Le fabricant est le principal responsable du bon choix du système et de ses caractéristiques de rendement, mais c'est l'acheteur qui est responsable de la décision sur les points importants.

2 *Livraison clés en main par le fournisseur*
L'acheteur traite avec un fournisseur local qui achète les composants de divers fabricants et monte le système en fonction des spécifications du projet. Le fournisseur est le principal responsable du système, mais c'est l'acheteur qui décide des points importants et obtient les approbations.

3 *Livraison clés en main par le directeur du projet*
L'acheteur engage un ingénieur ou un consultant en bioénergie comme directeur du projet, responsable de l'ensemble du système. Ce dernier commande ensuite un système clés en main à un fournisseur ou, le plus souvent, obtient les divers composants de sous-traitants et monte lui-même le système. C'est lui qui est le principal responsable du projet et qui prend une bonne partie des décisions pour les questions d'options et de contrats, habituellement avec l'approbation de l'acheteur pour les points importants. Si l'acquisition du système de chauffage à la biomasse se fait dans le cadre de grands travaux de construction ou rénovation, l'entrepreneur général peut jouer le rôle de directeur du projet.

4 *Installation par l'acheteur*
Dans le cas des petits systèmes du type souvent acheté par l'industrie, il arrive que l'acheteur s'occupe lui-même de la conception et de l'installation de son système, monté à partir de composants ou de sous-systèmes éprouvés achetés aux fabricants. Il est alors le seul responsable de son installation.

Quelle que soit l'option choisie, il est important d'aborder et de résoudre toutes les incertitudes, et de les indiquer clairement dans un contrat écrit. Il est aussi important que toutes les mesures prises pour pallier aux défauts soient identifiées et approuvées.

INSTALLATION

Il faut plus d'espace pour installer un système de chauffage à la biomasse que pour un système à gaz ou au mazout, surtout si une chaudière à combustible fossile distincte est utilisée comme système de secours. Lorsqu'une installation de chauffage à la biomasse est posée dans une chaufferie existante, il peut y avoir des problèmes si, par manque d'espace, il faut faire des compromis au détriment des systèmes de manipulation du biocombustible et des cendres. Souvent, un bâtiment distinct est construit pour abriter les appareils de chauffage à la biomasse, près de la chaufferie (dont on conserve le système à combustible fossile comme unité de pointe et de secours). Ainsi, on obtient une protection plus efficace contre les bruits ou la poussière provenant de l'installation principale, ainsi qu'une plus grande souplesse pour l'entreposage et la livraison du biocombustible.

Pour les gros systèmes, d'importants ouvrages de béton peuvent être nécessaires. Il faut renforcer de façon adéquate les fondations de la chaudière (et son revêtement réfractaire, qui peut être lourd), ainsi que la cheminée. Il peut être nécessaire de construire une fosse d'entreposage du biocombustible. Il faut monter solidement les convoyeurs et les appareils de transfert de biocombustible de la réserve de manière à ce qu'ils résistent aux forces produites par la compaction du biocombustible ou par les charges excessives, le cas échéant.

ESSAIS DE DÉMARRAGE, DE MISE EN SERVICE ET DE RENDEMENT

Habituellement, c'est l'entrepreneur (fabricant ou fournisseur) qui est responsable du démarrage et de la mise en service d'un système de chauffage à la biomasse.

Le démarrage d'un tel système nécessite des essais mécaniques de tous les composants (détection de fuite dans la chaudière et le réseau de distribution de chaleur), suivis par le premier allumage et l'exploitation de l'unité. Il peut être nécessaire de durcir le revêtement réfractaire en chauffant la chambre de combustion à basse température. De plus, il faut probablement prévoir une période initiale d'essai pour les réglages, les ajustements, ainsi que pour des modifications mineures, au besoin.

TYPE DE CONTRAT

Plusieurs approches sont possibles pour la réalisation d'un projet et, dans tous les cas, il faut accorder une attention spéciale aux divers types de contrats. Ce sont :

1. la livraison clés en main par le fabricant;
2. la livraison clés en main par le fournisseur;
3. la livraison clés en main par le directeur du projet;
4. l'installation par l'acheteur.

Pour plus de précisions sur chacune d'elles, voir l'encadré **Les différents modes d'achat d'une installation de chauffage à la biomasse.**

LES DIFFÉRENTS MODES D'ACHAT D'UNE INSTALLATION DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

1 *Livraison clés en main par le fabricant*
L'acheteur commande un système clés en main au fabricant, sans passer par des intermédiaires. Le fabricant est le principal responsable du bon choix du système et de ses caractéristiques de rendement, mais c'est l'acheteur qui est responsable de la décision sur les points importants.

2 *Livraison clés en main par le fournisseur*
L'acheteur traite avec un fournisseur local qui achète les composants de divers fabricants et monte le système en fonction des spécifications du projet. Le fournisseur est le principal responsable du système, mais c'est l'acheteur qui décide des points importants et obtient les approbations.

3 *Livraison clés en main par le directeur du projet*
L'acheteur engage un ingénieur ou un consultant en bioénergie comme directeur du projet, responsable de l'ensemble du système. Ce dernier commande ensuite un système clés en main à un fournisseur ou, le plus souvent, obtient les divers composants de sous-traitants et monte lui-même le système. C'est lui qui est le principal responsable du projet et qui prend une bonne partie des décisions pour les questions d'options et de contrats, habituellement avec l'approbation de l'acheteur pour les points importants. Si l'acquisition du système de chauffage à la biomasse se fait dans le cadre de grands travaux de construction ou rénovation, l'entrepreneur général peut jouer le rôle de directeur du projet.

4 *Installation par l'acheteur*
Dans le cas des petits systèmes du type souvent acheté par l'industrie, il arrive que l'acheteur s'occupe lui-même de la conception et de l'installation de son système, monté à partir de composants ou de sous-systèmes éprouvés achetés aux fabricants. Il est alors le seul responsable de son installation.

Quelle que soit l'option choisie, il est important d'aborder et de résoudre toutes les incertitudes, et de les indiquer clairement dans un contrat écrit. Il est aussi important que toutes les mesures prises pour pallier aux défauts soient identifiées et approuvées.

INSTALLATION

Il faut plus d'espace pour installer un système de chauffage à la biomasse que pour un système à gaz ou au mazout, surtout si une chaudière à combustible fossile distincte est utilisée comme système de secours. Lorsqu'une installation de chauffage à la biomasse est posée dans une chaufferie existante, il peut y avoir des problèmes si, par manque d'espace, il faut faire des compromis au détriment des systèmes de manipulation du biocombustible et des cendres. Souvent, un bâtiment distinct est construit pour abriter les appareils de chauffage à la biomasse, près de la chaufferie (dont on conserve le système à combustible fossile comme unité de pointe et de secours). Ainsi, on obtient une protection plus efficace contre les bruits ou la poussière provenant de l'installation principale, ainsi qu'une plus grande souplesse pour l'entreposage et la livraison du biocombustible.

Pour les gros systèmes, d'importants ouvrages de béton peuvent être nécessaires. Il faut renforcer de façon adéquate les fondations de la chaudière (et son revêtement réfractaire, qui peut être lourd), ainsi que la cheminée. Il peut être nécessaire de construire une fosse d'entreposage du biocombustible. Il faut monter solidement les convoyeurs et les appareils de transfert de biocombustible de la réserve de manière à ce qu'ils résistent aux forces produites par la compaction du biocombustible ou par les charges excessives, le cas échéant.

ESSAIS DE DÉMARRAGE, DE MISE EN SERVICE ET DE RENDEMENT

Habituellement, c'est l'entrepreneur (fabricant ou fournisseur) qui est responsable du démarrage et de la mise en service d'un système de chauffage à la biomasse.

Le démarrage d'un tel système nécessite des essais mécaniques de tous les composants (détection de fuite dans la chaudière et le réseau de distribution de chaleur), suivis par le premier allumage et l'exploitation de l'unité. Il peut être nécessaire de durcir le revêtement réfractaire en chauffant la chambre de combustion à basse température. De plus, il faut probablement prévoir une période initiale d'essai pour les réglages, les ajustements, ainsi que pour des modifications mineures, au besoin.

Ensuite, le système entre en service et fonctionne pendant une période suffisante pour convaincre l'utilisateur qu'il satisfait aux principales spécifications de fonctionnement selon le mode de fonctionnement prescrit.

Il est possible d'effectuer des essais séparés de performances afin d'établir la conformité à des critères de performance comme ceux qui visent les émissions, le rendement énergétique, le rapport de réglage et le temps de réponse. Il est également possible d'effectuer ces essais à la mise en service ou après une période déterminée d'exploitation normale. Il faut aussi prévoir des essais à plein régime, qui peuvent se faire à un autre moment qu'au démarrage. Par exemple, si un système de chauffage saisonnier entre en service au début de l'automne, il est possible d'attendre, pour les essais de rendement, les conditions de demande maximale du milieu de l'hiver. Si des essais de rendement sont requis, il faut indiquer dans le contrat les conditions et les procédures d'exploitation. Dans certains cas, ces essais sont donnés à contrat à une tierce partie indépendante, sans lien avec le fabricant, le fournisseur, l'installateur ni l'entrepreneur.

Pour les essais de mise en service et de rendement, il faut utiliser la plus basse qualité de combustible qui satisfasse aux conditions de garantie du système.

Les frais de démarrage incluent habituellement le coût de la formation des opérateurs. Le plus souvent, le temps nécessaire à la formation est indiqué dans les soumissions, et est donnée pendant que l'entrepreneur est sur les lieux pour l'installation. L'opérateur doit recevoir, avec le système, toute la documentation sur les procédures et les calendriers d'entretien, ainsi que les manuels de réparation indiquant le numéro des pièces des principaux éléments, les manuels des équipements standard (moteurs, ventilateurs, pompes, etc.), les schémas de câblage, les procédures de réamorçage des systèmes de sécurité, les instructions de dépannage pour la partie informatique, etc.

GARANTIES

Normalement, les soumissions officielles des fournisseurs offrent des garanties qui doivent être clairement stipulées dans le contrat d'achat. Le fournisseur offre habituellement une garantie générale pour l'ensemble des caractéristiques d'exploitation et de rendement, ainsi que des garanties particulières pour certaines parties du système. Même si, généralement, les divers composants standard (moteurs, boîtes d'engrenages, pompes, etc.) sont garantis par leurs fabricants respectifs, le fournisseur devrait néanmoins garantir la compatibilité des éléments sélectionnés.

EXPLOITATION ET ENTRETIEN

Le fabricant (ou le fournisseur) du système doit donner des instructions détaillées pour les activités ordinaires d'exploitation et d'entretien. Toutefois, des modifications peuvent être nécessaires à cause d'exigences particulières liées au personnel d'entretien et d'exploitation du système. Assurez-vous que le fabricant approuve les modifications proposées pour éviter toute incidence négative sur le rendement du système, voire l'annulation de garanties.

En général, les systèmes de chauffage à la biomasse ont besoin d'un entretien régulier. Certaines tâches sont habituellement faites tous les jours, comme l'enlèvement ou l'élimination des cendres, le nettoyage (habituellement dans l'aire d'entreposage et de manutention du biocombustible), la vérification des niveaux d'eau de la chaudière, la vérification du système d'acheminement du biocombustible pour y détecter l'accumulation de grosses pièces, ainsi que la vérification de la température de la cheminée et, au besoin, de la composition du gaz de cheminée, pour régler le rapport des débits du biocombustible et de l'air. Des systèmes informatiques peuvent alerter l'opérateur en cas de conditions anormales ou de valeurs hors limites. Habituellement, les systèmes de petites dimensions couverts dans le présent guide fonctionnent sans surveillant à plein temps.

De plus, diverses tâches d'entretien périodiques une fois par semaine, par mois ou par an, doivent êtres effectuées, notamment :

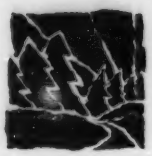
- le nettoyage des tubes de fumée ou de l'échangeur de chaleur de la chaudière;
- la lubrification des composants mécaniques;
- l'inspection et le réglage des chaînes, des boîtes d'engrenages, des ventilateurs, etc.;
- l'inspection et la réparation des revêtements réfractaires;
- les essais des dispositifs de sécurité;
- la recherche des fuites ou des infiltrations d'air;
- l'inspection des isolants et des gaines.

La fréquence de nettoyage de l'intérieur des systèmes dépend des caractéristiques d'exploitation de chacun d'eux. Avec le temps, les opérateurs pourront déterminer à quelle fréquence effectuer les opérations d'entretien comme l'enlèvement des cendres volantes, le nettoyage des tuyaux et de la cheminée, etc. Jusque là, des inspections plus fréquentes sont nécessaires.

Les opérations ordinaires d'entretien peuvent être effectuées par l'utilisateur du système, par le personnel d'entretien sur place, par une équipe d'entretien spéciale, ou à contrat par une entreprise externe d'entretien et de service. Cette dernière approche peut être avantageuse au début, si les opérateurs sur place n'ont pas le temps ou les compétences requises pour l'entretien de l'installation de chauffage à la biomasse; de plus, elle assure des inspections régulières par des experts qui connaissent bien les particularités de la manipulation et de la combustion des biocombustibles. Cependant, elle peut entraîner, chez le personnel sur place, une baisse d'intérêt et de motivation pour le bon fonctionnement du nouveau système. Le contrat d'entretien doit définir clairement les responsabilités de chacun. Généralement, le personnel sur place est responsable des tâches quotidiennes, alors que les entreprises d'entretien s'occupent de l'entretien préventif régulier et des réparations.

DURÉE DE VIE DE L'INSTALLATION

En théorie, une installation de chauffage à la biomasse peut durer indéfiniment, puisqu'on peut en remplacer séparément les composants usés ou détériorés. Dans l'industrie forestière, certains systèmes de combustion au bois fonctionnent depuis plus de 50 ans. On pourra décider de remplacer un système si une nouvelle technique permet d'obtenir un meilleur rendement, de plus faibles émissions ou une plus grande flexibilité, ou si l'examen des frais d'exploitation indique que les frais annuels de réparation ou de remplacement dépassent les coûts prévus de recouvrement des investissements pour un nouveau système. En pratique, pour les systèmes décrits ici, on considère qu'une durée en service de 15 à 20 ans est raisonnable pour le calcul des coûts globaux sur la durée de vie.



CHAPITRE 5 :
ÉVALUATION DES COÛTS

Les coûts sont le principal facteur à prendre en compte pour déterminer si une installation de chauffage à la biomasse est une solution viable. Ainsi, les coûts d'ensemble du chauffage à la biomasse doivent être inférieurs à ceux des autres options. Toutefois, la comparaison n'étant pas facile, ce chapitre devrait vous aider à faire des comparaisons équitables entre un système de chauffage à la biomasse et une autre option.

ANALYSE COMPARATIVE DES COÛTS DU CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

Pour comparer les coûts, vous devez d'abord connaître les paramètres de base du système (p. ex., la quantité de chaleur requise, la capacité de la chaudière à la biomasse et des chaudières de secours, la quantité de biocombustible nécessaire, etc.) qui permettent de calculer les coûts estimatifs à partir de valeurs théoriques. Ce sont des coûts approximatifs qu'il sera possible de raffiner plus tard.

Les coûts d'un système de combustion se situent à deux niveaux : les *coûts d'investissement* et les *frais annuels*.

Les *coûts d'investissement* ne s'appliquent habituellement qu'une fois, au début du projet, avant la mise en service du système de chauffage. Ils comprennent, par exemple :

- les coûts des études de faisabilité : un projet de chauffage à la biomasse peut nécessiter une étude approfondie du site et une évaluation des ressources en biomasse;
- les coûts de l'élaboration du projet : diverses démarches sont nécessaires, par exemple, pour obtenir les permis et les autorisations, ainsi que pour financer et gérer le projet;
- les coûts des diverses tâches techniques et de conception : par exemple, pour le site, le bâtiment et la production d'énergie, ainsi que pour les appels d'offres, l'attribution des contrats et la surveillance des travaux de construction;
- les coûts d'achat et d'installation des composants du système de chauffage : la chaudière à biomasse, ses équipements et son infrastructure d'alimentation et peut-être une chaudière séparée, une cheminée, des pompes et des équipements électriques, des pièces de rechange et des voies d'accès au site;
- les coûts d'achat et d'installation des équipements auxiliaires appropriés : selon les besoins déterminés lors de la conception, par exemple, des chaudières de pointe et de secours à combustible fossile, des réseaux de tuyaux, enfouis ou non, pour le réseau de distribution de chaleur, une chaufferie et des lieux de manutention du biocombustible;
- d'autres coûts comme ceux de la formation.

Les *frais annuels* sont les dépenses courantes récurrentes, soit les frais d'utilisation et les frais d'exploitation de l'installation, notamment :

- les taxes foncières et les frais d'assurances;
- les frais de main-d'œuvre pour l'exploitation et l'entretien, entre autres, pour le remplissage de la réserve de biocombustible et l'élimination des cendres;
- le coût des pièces requises chaque année pour l'entretien et les réparations;
- les frais d'administration;
- les coûts du combustible ou de l'électricité, notamment le biocombustible pour le chauffage à la biomasse, le mazout pour les chaudières de pointe et de secours, et l'électricité pour les pompes, les moteurs et les ventilateurs.

Il est utile de préparer, à des fins de comparaison, des estimations des coûts d'investissement et des frais annuels détaillés pour une installation de chauffage à la biomasse et pour au moins une autre option. Un projet de chauffage à la biomasse est plus complexe, et donc plus difficile à évaluer, qu'un système de chauffage classique, parce que les éléments sont plus nombreux et leur intégration plus sophistiquée et qu'il y a plus d'options possibles à l'étape de la conception. Si le

chauffage à la biomasse n'est pas une installation clés en main, il peut être nécessaire de coordonner avec soin le travail de plusieurs sous-traitants.

Comparaisons entre un système de chauffage à la biomasse et un autre système : les deux principaux cas de figure sont les suivants :

1. *Nouvelle installation* – S'il n'y a pas d'installation de chauffage en place pour répondre à la demande, on doit comparer l'ensemble des coûts (investissement et frais annuels) d'une nouvelle installation de chauffage à la biomasse à ceux d'un autre type de système, par exemple, une chaudière au mazout.
2. *Ajout à une chaufferie existante* – S'il y a déjà un système de chauffage classique en place, par exemple, une chaudière au mazout, on doit alors comparer tous les coûts d'une nouvelle installation de chauffage à la biomasse aux économies en mazout. On ne tient pas compte des coûts d'investissement du chauffage existant parce qu'ils ont déjà été engagés. Toutefois, l'analyse est plus complexe si les coûts d'investissement dans le système à la biomasse se trouvent réduits parce qu'il est possible d'utiliser des éléments existants comme le réseau de distribution de chaleur ou une chaudière au mazout déjà en place (comme unité de pointe ou de secours). Cependant, si la chaudière au mazout arrive à la fin de sa durée de vie, l'analyse doit inclure les coûts d'installation d'un système de chauffage à la biomasse et d'un nouveau système au mazout.

L'**annexe 3** présente un exemple d'analyse comparant les coûts d'installation d'un système de chauffage à la biomasse à ceux d'un système au mazout pour un nouvel entrepôt et une maison existante. Les coûts d'investissement tiennent compte du système au mazout prévu pour l'entrepôt, mais non de celui de la maison, parce qu'il est déjà installé.

Une fois la situation définie, on passe à l'analyse économique. Il faut alors faire les calculs sur une période de 10 à 15 ans pour comparer équitablement les avantages du chauffage à la biomasse (frais annuels plus faibles) et ceux des systèmes classiques (coûts d'investissement inférieurs).

Il sera probablement nécessaire d'effectuer une analyse à différentes étapes du projet à cause de la disponibilité et de la précision croissantes des informations sur les coûts et sur la conception. Aux premières étapes, on prépare une ébauche sommaire du système de chauffage et du réseau de distribution de chaleur, pour laquelle on obtient un prix approximatif d'un fabricant (matériel et installation). Ensuite, il faut s'informer auprès d'un forestier de la région du coût des déchets de bois des usines locales, et obtenir d'un distributeur de chaudières au mazout des coûts estimatifs d'un système classique et de son approvisionnement à des coûts prévisibles du mazout. Les informations ci-dessus devraient être suffisantes pour une évaluation préliminaire rapide de la faisabilité du projet (souvent appelée « analyse de préfaisabilité », qui permet de comparer les coûts d'un projet de chauffage à la biomasse à ceux d'un système au mazout). Pour faciliter cette analyse de préfaisabilité, il est possible d'utiliser **RETScreen**™, un logiciel d'analyse de projets d'énergies renouvelables diffusé gratuitement par Ressources naturelles Canada (voir le **chapitre 6**). La section suivante présente les principes d'une analyse économique.

PÉRIODE DE RECOUVREMENT DE L'INVESTISSEMENT

La méthode de la période de recouvrement de l'investissement indique, pour un projet de chauffage à la biomasse, combien d'années sont nécessaires pour atteindre le seuil de rentabilité par rapport à d'autre systèmes. Pour cela, on ajoute aux coûts d'investissement les frais annuels de chaque année jusqu'à ce que les coûts totaux du chauffage à la biomasse rejoignent ceux de l'autre système.

Cette méthode, même si elle est facile à comprendre et à appliquer, peut induire en erreur. Par exemple, elle ne tient habituellement compte que des premières années, alors que les coûts cumulés du chauffage à la biomasse et de l'autre système sont équivalents, et elle néglige les années au-delà de cette période. Elle ne tient pas compte non plus des coûts occasionnels, par exemple, pour l'entretien ou le remplacement de pièces. En d'autres termes, la comparaison obtenue ne porte pas sur l'ensemble du *cycle de vie* du projet. Autre problème : elle ignore les effets de la dévaluation de l'argent, que les économistes corrigent en *actualisant* les valeurs futures. Voir l'encadré *Valeur actualisée nette*, qui présente une méthode éliminant les problèmes inhérents à la méthode de la période de recouvrement de l'investissement.

ANALYSE ÉCONOMIQUE DES OPTIONS

Cette section ne constitue pas un guide pratique pour la préparation d'analyses économiques poussées : il est fortement recommandé de s'adresser pour cela à des

VALEUR ACTUALISÉE NETTE

La méthode de la valeur actualisée nette (VAN), **permet des comparaisons plus réalistes que celle de la période de recouvrement de l'investissement. Elle détermine la différence entre la somme des flux annuels des coûts globaux du chauffage à la biomasse et celle d'une autre option. Toutefois, on obtient ce résultat en *actualisant* d'emblée les dépenses futures, de façon à ce que la valeur des sommes dépensées annuellement diminue de plus en plus avec le temps. En effet, comme les sommes dépensées aujourd'hui ont une plus grande valeur que celles qui le seront dans l'avenir, les économistes tiennent compte de cette différence en *actualisant* les valeurs exprimées en dollars d'aujourd'hui. Pour qu'un projet soit économiquement viable, sa VAN doit être positive. Pour les systèmes de chauffage, la méthode de la valeur actualisée nette permet des comparaisons plus justes que celle de la période de recouvrement de l'investissement parce qu'elle tient compte de l'ensemble des dépenses du *cycle de vie* tout en les abaissant par un facteur d'actualisation approprié. Dans l'exemple présenté à l'annexe 3, on compare, avec un *taux d'actualisation* de 10 %, la VAN d'un chauffage à la biomasse aux flux des coûts d'un système classique au mazout. Cet exemple montre que les coûts d'un chauffage à la biomasse, actualisés pour l'ensemble du cycle de vie, sont inférieurs à ceux d'un système au mazout et que, par conséquent, la meilleure option est la biomasse. Si on ne se base que sur les coûts d'investissement, sans tenir compte des coûts pour l'ensemble du cycle de vie, la meilleure option semblerait être le système au mazout.**

professionnels. On présente des notions de base qui permettront aux non-spécialistes de comprendre les résultats de ces analyses et de faire des interventions pertinentes, au besoin.

La première étape d'une analyse économique consiste à résumer les coûts sur une base régulière, généralement par année. On ajoute aux coûts d'investissement les frais annuels prévus pour toute la durée du projet. C'est ce qu'on appelle le *flux des coûts globaux pour le cycle de vie*. Il est recommandé de tenir compte non seulement des coûts d'investissement, mais aussi des coûts prévus pour toute la durée d'un projet. Par exemple, les coûts d'investissement d'un système de chauffage à la biomasse sont généralement supérieurs à ceux d'un système de chauffage au mazout (voir aussi l'exemple de l'**annexe 3**). Si on ne tient compte que des seuls coûts d'investissement, le système au mazout semble préférable. Par contre, *une analyse des coûts globaux* tient aussi compte des frais annuels pendant une longue période d'exploitation. À cause des coûts relativement élevés du mazout, il devient évident que, pour toute la durée du projet, la biomasse s'avère l'option la plus économique.

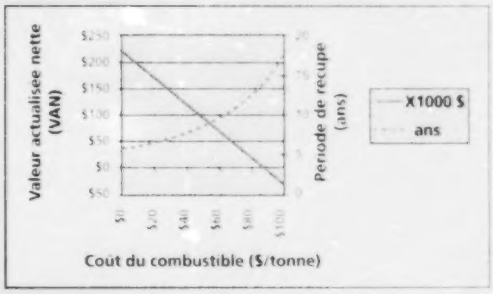
Dans cet exemple, il faut noter qu'on présente des flux des coûts distincts pour l'installation de chauffage à la biomasse et pour l'autre système. En somme, on peut dire que le but d'une analyse économique est de présenter ces flux en termes de facteurs communs faciles à comprendre.

Le premier de ces facteurs est la *période de recouvrement de l'investissement* (voir l'encadré **Période de recouvrement de l'investissement**), qui indique le nombre d'années nécessaires pour atteindre le seuil de rentabilité si on compare le coût des investissements d'une installation de chauffage à la biomasse aux économies annuelles au chapitre du combustible. Pour les investisseurs, plus la période de récupération est brève, plus le projet est intéressant.

Le deuxième facteur est la *valeur actualisée nette*, ou VAN (voir l'encadré **Valeur actualisée nette**), plus complexe, qui donne la valeur **nette** (ou la différence) de la durée de vie des deux projets d'installation de chauffage à la biomasse ou l'autre système). Si la VAN d'un projet de biomasse par rapport à un projet classique est positive, ses coûts globaux sur la durée de vie sont inférieurs à ceux de l'autre système.

ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le graphique ci-dessous présente les résultats d'une analyse de sensibilité. L'analyste souhaitait mettre en évidence les effets des coûts variables de la biomasse sur les coûts d'un chauffage à la biomasse pendant tout son cycle de vie (par rapport à ceux d'un système au mazout). Les résultats indiquent que, avec un coût de biomasse nul, le seuil de rentabilité est atteint en 6 ans et la VAN est de 220 000 $. Toutefois, avec un coût de 60 $/tonne, le seuil est atteint en 10 ans et la VAN n'est plus que de 75 000 $.



chauffage à la biomasse n'est pas une installation clés en main, il peut être nécessaire de coordonner avec soin le travail de plusieurs sous-traitants.

Comparaisons entre un système de chauffage à la biomasse et un autre système : les deux principaux cas de figure sont les suivants :

1. *Nouvelle installation* – S'il n'y a pas d'installation de chauffage en place pour répondre à la demande, on doit comparer l'ensemble des coûts (investissement et frais annuels) d'une nouvelle installation de chauffage à la biomasse à ceux d'un autre type de système, par exemple, une chaudière au mazout.
2. *Ajout à une chaufferie existante* – S'il y a déjà un système de chauffage classique en place, par exemple, une chaudière au mazout, on doit alors comparer tous les coûts d'une nouvelle installation de chauffage à la biomasse aux économies en mazout. On ne tient pas compte des coûts d'investissement du chauffage existant parce qu'ils ont déjà été engagés. Toutefois, l'analyse est plus complexe si les coûts d'investissement dans le système à la biomasse se trouvent réduits parce qu'il est possible d'utiliser des éléments existants comme le réseau de distribution de chaleur ou une chaudière au mazout déjà en place (comme unité de pointe ou de secours). Cependant, si la chaudière au mazout arrive à la fin de sa durée de vie, l'analyse doit inclure les coûts d'installation d'un système de chauffage à la biomasse et d'un nouveau système au mazout.

L'**annexe 3** présente un exemple d'analyse comparant les coûts d'installation d'un système de chauffage à la biomasse à ceux d'un système au mazout pour un nouvel entrepôt et une maison existante. Les coûts d'investissement tiennent compte du système au mazout prévu pour l'entrepôt, mais non de celui de la maison, parce qu'il est déjà installé.

Une fois la situation définie, on passe à l'analyse économique. Il faut alors faire les calculs sur une période de 10 à 15 ans pour comparer équitablement les avantages du chauffage à la biomasse (frais annuels plus faibles) et ceux des systèmes classiques (coûts d'investissement inférieurs).

Il sera probablement nécessaire d'effectuer une analyse à différentes étapes du projet à cause de la disponibilité et de la précision croissantes des informations sur les coûts et sur la conception. Aux premières étapes, on prépare une ébauche sommaire du système de chauffage et du réseau de distribution de chaleur, pour laquelle on obtient un prix approximatif d'un fabricant (matériel et installation). Ensuite, il faut s'informer auprès d'un forestier de la région du coût des déchets de bois des usines locales, et obtenir d'un distributeur de chaudières au mazout des coûts estimatifs d'un système classique et de son approvisionnement à des coûts prévisibles du mazout. Les informations ci-dessus devraient être suffisantes pour une évaluation préliminaire rapide de la faisabilité du projet (souvent appelée « analyse de préfaisabilité », qui permet de comparer les coûts d'un projet de chauffage à la biomasse à ceux d'un système au mazout). Pour faciliter cette analyse de préfaisabilité, il est possible d'utiliser **RETScreen**[MC], un logiciel d'analyse de projets d'énergies renouvelables diffusé gratuitement par Ressources naturelles Canada (voir le **chapitre 6**). La section suivante présente les principes d'une analyse économique.

PÉRIODE DE RECOUVREMENT DE L'INVESTISSEMENT

La méthode de la période de recouvrement de l'investissement indique, pour un projet de chauffage à la biomasse, combien d'années sont nécessaires pour atteindre le seuil de rentabilité par rapport à d'autre systèmes. Pour cela, on ajoute aux coûts d'investissement les frais annuels de chaque année jusqu'à ce que les coûts totaux du chauffage à la biomasse rejoignent ceux de l'autre système.

Cette méthode, même si elle est facile à comprendre et à appliquer, peut induire en erreur. Par exemple, elle ne tient habituellement compte que des premières années, alors que les coûts cumulés du chauffage à la biomasse et de l'autre système sont équivalents, et elle néglige les années au-delà de cette période. Elle ne tient pas compte non plus des coûts occasionnels, par exemple, pour l'entretien ou le remplacement de pièces. En d'autres termes, la comparaison obtenue ne porte pas sur l'ensemble du *cycle de vie* du projet. Autre problème : elle ignore les effets de la dévaluation de l'argent, que les économistes corrigent en *actualisant* les valeurs futures. Voir l'encadré *Valeur actualisée nette*, qui présente une méthode éliminant les problèmes inhérents à la méthode de la période de recouvrement de l'investissement.

ANALYSE ÉCONOMIQUE DES OPTIONS

Cette section ne constitue pas un guide pratique pour la préparation d'analyses économiques poussées : il est fortement recommandé de s'adresser pour cela à des

VALEUR ACTUALISÉE NETTE

La méthode de la valeur actualisée nette (VAN), permet des comparaisons plus réalistes que celle de la période de recouvrement de l'investissement. Elle détermine la différence entre la somme des flux annuels des coûts globaux du chauffage à la biomasse et celle d'une autre option. Toutefois, on obtient ce résultat en *actualisant* d'emblée les dépenses futures, de façon à ce que la valeur des sommes dépensées annuellement diminue de plus en plus avec le temps. En effet, comme les sommes dépensées aujourd'hui ont une plus grande valeur que celles qui le seront dans l'avenir, les économistes tiennent compte de cette différence en *actualisant* les valeurs exprimées en dollars d'aujourd'hui. Pour qu'un projet soit économiquement viable, sa VAN doit être positive. Pour les systèmes de chauffage, la méthode de la valeur actualisée nette permet des comparaisons plus justes que celle de la période de recouvrement de l'investissement parce qu'elle tient compte de l'ensemble des dépenses du *cycle de vie* tout en les abaissant par un facteur d'actualisation approprié. Dans l'exemple présenté à l'**annexe 3**, on compare, avec un *taux d'actualisation* de 10 %, la VAN d'un chauffage à la biomasse aux flux des coûts d'un système classique au mazout. Cet exemple montre que les coûts d'un chauffage à la biomasse, actualisés pour l'ensemble du cycle de vie, sont inférieurs à ceux d'un système au mazout et que, par conséquent, la meilleure option est la biomasse. Si on ne se base que sur les coûts d'investissement, sans tenir compte des coûts pour l'ensemble du cycle de vie, la meilleure option semblerait être le système au mazout.

professionnels. On présente des notions de base qui permettront aux non-spécialistes de comprendre les résultats de ces analyses et de faire des interventions pertinentes, au besoin.

La première étape d'une analyse économique consiste à résumer les coûts sur une base régulière, généralement par année. On ajoute aux coûts d'investissement les frais annuels prévus pour toute la durée du projet. C'est ce qu'on appelle le *flux des coûts globaux pour le cycle de vie*. Il est recommandé de tenir compte non seulement des coûts d'investissement, mais aussi des coûts prévus pour toute la durée d'un projet. Par exemple, les coûts d'investissement d'un système de chauffage à la biomasse sont généralement supérieurs à ceux d'un système de chauffage au mazout (voir aussi l'exemple de l'**annexe 3**). Si on ne tient compte que des seuls coûts d'investissement, le système au mazout semble préférable. Par contre, *une analyse des coûts globaux* tient aussi compte des frais annuels pendant une longue période d'exploitation. À cause des coûts relativement élevés du mazout, il devient évident que, pour toute la durée du projet, la biomasse s'avère l'option la plus économique.

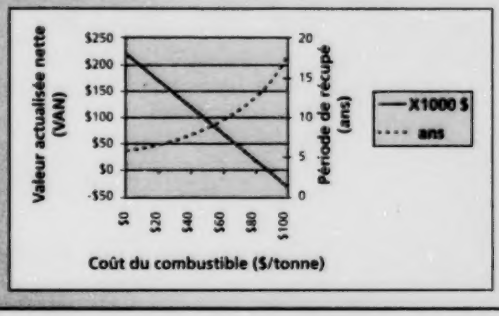
Dans cet exemple, il faut noter qu'on présente des flux des coûts distincts pour l'installation de chauffage à la biomasse et pour l'autre système. En somme, on peut dire que le but d'une analyse économique est de présenter ces flux en termes de facteurs communs faciles à comprendre.

Le premier de ces facteurs est la *période de recouvrement de l'investissement* (voir l'encadré **Période de recouvrement de l'investissement**), qui indique le nombre d'années nécessaires pour atteindre le seuil de rentabilité si on compare le coût des investissements d'une installation de chauffage à la biomasse aux économies annuelles au chapitre du combustible. Pour les investisseurs, plus la période de récupération est brève, plus le projet est intéressant.

Le deuxième facteur est la *valeur actualisée nette*, ou VAN (voir l'encadré **Valeur actualisée nette**), plus complexe, qui donne la valeur **nette** (ou la différence) de la durée de vie des deux projets (l'installation de chauffage à la biomasse ou l'autre système). Si la VAN d'un projet de biomasse par rapport à un projet classique est positive, ses coûts globaux sur la durée de vie sont inférieurs à ceux de l'autre système.

ANALYSE DE SENSIBILITÉ

Le graphique ci-dessous présente les résultats d'une analyse de sensibilité. L'analyste souhaitait mettre en évidence les effets des coûts variables de la biomasse sur les coûts d'un chauffage à la biomasse pendant tout son cycle de vie (par rapport à ceux d'un système au mazout). Les résultats indiquent que, avec un coût de biomasse nul, le seuil de rentabilité est atteint en 6 ans et la VAN est de 220 000 $. Toutefois, avec un coût de 60 $/tonne, le seuil est atteint en 10 ans et la VAN n'est plus que de 75 000 $.



Tout projet comporte des incertitudes :

- Pour les années à venir, les coûts des biocombustibles peuvent être inconnus, ou raisonnablement sujets à des fluctuations.
- Le taux d'actualisation peut être incertain. (Quelle sera la valeur du dollar dans dix ans par rapport à celle d'aujourd'hui?)
- La construction d'une nouvelle route peut avoir des effets difficiles à évaluer sur le prix du mazout dans une communauté éloignée.
- Les prix des combustibles fossiles et de l'électricité sont susceptibles de changer.

Pour tenir compte de ces incertitudes, les économistes effectuent une *analyse de sensibilité*. Si on utilise, par exemple, une valeur élevée et une valeur faible pour le prix prévu de la biomasse, on obtient deux valeurs de VAN qu'on peut comparer. L'analyse de sensibilité indique la rentabilité d'un projet de chauffage à la biomasse pour deux prix de la biomasse, et peut-être aussi pour des prix intermédiaires; elle indique les prix acceptables pour un chauffage à la biomasse économiquement viable, par rapport à ceux d'un système au mazout pour un prix donné du mazout. L'analyse de sensibilité est très utile pour évaluer les risques d'un projet liés aux incertitudes, ainsi que pour déterminer leur impact sur sa viabilité économique. L'encadré **Analyse de sensibilité** présente les résultats d'une analyse de sensibilité effectuée pour une école et des bâtiments contigus dans une communauté éloignée. Dans ce cas, le promoteur, ne pouvant définir adéquatement le coût du biocombustible, a vérifié l'intérêt du chauffage à la biomasse pour toute une gamme des coûts de celle-ci.

L'analyse économique n'est utile que pour l'évaluation des coûts, car elle ne tient pas compte des avantages indirects qu'on ne peut chiffrer directement, par exemple, éliminer des accumulations de déchets de biomasse peu esthétiques, créer des emplois dans la région ou remplacer les émissions de combustibles fossiles par d'autres, moins nocives. En examinant l'analyse économique, il faudra tenir compte de ces avantages, qui peuvent être importants.

CHAPITRE 6 : UTILISATION DE RETSCREEN[MC]

Il est recommandé d'utiliser, de concert avec ce guide, le logiciel d'analyse de projets d'énergies renouvelables RETScreen[MC]. Ce logiciel d'analyse normalisé peut aider l'utilisateur à configurer une installation de chauffage à la biomasse et à en déterminer les coûts. Il s'applique à la plupart des systèmes où la charge thermique est constituée essentiellement de chauffage de locaux et de production d'eau chaude. Ce logiciel fournit plusieurs indicateurs financiers permettant d'évaluer la viabilité financière du projet, notamment la période de recouvrement de l'investissement et la valeur actualisée nette des économies réalisées. Il indique aussi l'effet des économies annuelles cumulées sur les liquidités.

Ce logiciel, facile à utiliser (chiffrier Excel), aide l'utilisateur à entrer les paramètres nécessaires à l'analyse, et suggère des plages de valeurs courantes. Il est accompagné d'un manuel d'aide à l'utilisateur en direct et présente des informations générales très complètes sur les technologies d'exploitation des énergies renouvelables.

RETScreen[MC] facilite l'analyse préliminaire de projets d'énergies renouvelables pour les technologies d'énergies renouvelables suivantes :

- **Centrale éolienne;**
- **Petite centrale hydroélectrique;**
- **Installation photovoltaïque;**
- **Chauffage à la biomasse;**
- **Chauffage solaire de l'air;**
- **Chauffage solaire de l'eau;**
- **Chauffage solaire passif;**
- **Pompes à chaleur géothermique.**

Le **modèle de chauffage à la biomasse** de RETScreen[MC] peut être utilisé pour évaluer des projets, n'importe où dans le monde, allant de grands projets, comme, par exemple, pour le chauffage d'un ensemble de bâtiments, à des projets plus simples de chauffage d'un seul bâtiment. RETScreen[MC] présente, pour le modèle de chauffage à la biomasse trois feuilles de calcul normalisées : *Modèle énergétique*, *Analyse des coûts* et *Sommaire financier*. De plus, une feuille de calcul auxiliaire permet d'évaluer les besoins thermiques que le système de chauffage à la biomasse aura à combler.

Le **modèle de chauffage à la biomasse** de RETScreen[MC] comporte des bases de données météorologiques et de produits intégrées à même le logiciel. Par exemple, la base de données de produits offre l'accès à des informations sur des fabricants et leurs produits, notamment des informations sur les systèmes de chauffage à la biomasse disponibles au Canada.

Pour obtenir **sans frais** le logiciel RETScreen[MC], le manuel de l'utilisateur et les bases de données météorologiques et de produits, visitez le site Web de RETScreen[MC] à l'adresse suivante : **http://retscreen.gc.ca**

CHAPITRE 7 : DÉFINITIONS

Biocombustible : Biomasse (ou matières dérivées du traitement de la biomasse) utilisée pour la production d'énergie par combustion. La plupart du temps, ce sont des matières lignocellulosiques sous forme solide.

Biomasse : Polymères complexes principalement composés de carbone, d'hydrogène et d'oxygène, créés par l'activité métabolique des organismes vivants.

Bois rond : Billes, billons ou autres pièces débitées dans des fûts ou de grandes branches d'arbres.

Broyeur à marteaux : Dispositif mécanique pourvu de marteaux rotatifs et d'enclumes stationnaires, servant à écraser, broyer et déchiqueter en petits fragments de grosses pièces de biomasse.

BTU : British Thermal Unit, unité d'énergie normalisée qui équivaut à la quantité de chaleur requise pour élever d'un degré Fahrenheit la température d'une livre d'eau.

Charge de base : Puissance minimale requise en continu.

Chaudière à lit en suspension : Cet appareil brûle, en suspension, des particules sèches fines relativement propres, intimement mélangées à l'air. Il en existe deux types : les chaudières à suspension intégrale et les chaudières cyclones. Les premières sont de vrais brûleurs du fait qu'elles créent une flamme nue stable (semblable à celle d'un brûleur à gaz ou au mazout) avivée par des jets d'air habituellement montés sur la paroi de la chaudière. Les chaudières à cyclone sont pourvues d'une chambre de combustion cylindrique en matière réfractaire, dans laquelle les particules combustibles et l'air sont introduits tangentiellement. La longue période de circulation cyclonique des gaz dans la chambre assure la combustion complète mais, normalement, toutes les cendres sont évacuées avec les gaz de combustion chauds. Le combustible est acheminé dans ces deux types de brûleurs à l'aide de dispositifs d'alimentation pneumatiques, et le flux d'air transportant le combustible assure l'alimentation en air primaire.

Chaudière de secours : Système de chauffage annexe, brûlant habituellement des combustibles fossiles, qui remplace le système à biocombustible primaire lorsque ce dernier est hors service.

Chaudière marine écossaise : On a modifié la chaudière marine écossaise traditionnelle brûlant du mazout ou du gaz de façon à permettre la combustion en semi-suspension de matières particulaires biocombustibles. Ces appareils sont constitués d'un grand réservoir horizontal rempli d'eau comportant de nombreux tuyaux pour le transfert de la chaleur, ainsi que d'une grande chambre à combustion tubulaire près du fond. Pour brûler des biocombustibles, cette chambre à combustion est pourvue d'une grille fixe simple, garnie de briques réfractaires. Les particules biocombustibles sont acheminées par un dispositif pneumatique jusqu'en haut de la chaudière, d'où elles passent dans un tube descendant à cyclone, qui injecte le biocombustible à l'intérieur de la zone de combustion. Les particules fines brûlent en suspension dans l'air qui les porte, alors que les particules plus lourdes tombent sur la grille où leur combustion est achevée grâce à de l'air pulsé sous la grille. Les gaz de combustion chauds passent de l'extrémité du tube de combustion à un plénum et font demi-tour afin de passer à travers un faisceau de tubes échangeurs de chaleur, puis ils font à nouveau demi-tour pour une dernière passe sur toute la longueur d'un second faisceau horizontal de tubes. Les matières particulaires grossières sont recueillies par un multicyclone interne, souvent avec réinjection des cendres volantes. Un ventilateur à tirage induit force ensuite les gaz de combustion vers la cheminée.

Chaudière à lit fluidisé : Les chaudières à lit fluidisé brûlent des particules de biocombustible, dont les dimensions et les teneurs en humidité présentent de fortes variations (l'humidité peut atteindre 65 %), en suspension dans un lit dispersé par jet d'air de matières granulaires inertes, habituellement du sable de silice. L'air alimentant la combustion est injecté par des buses à la base de la chambre, et le biocombustible est soit injecté dans le lit, soit dispersé à la surface de celui-ci. Les particules de sable servent de réservoir de chaleur

et assurent un transfert de chaleur rapide au biocombustible par conduction directe, alors que le brassage et le mélange énergiques du lit fluidisé assurent d'excellentes conditions de turbulence et de mélange du biocombustible, qui favorisent une combustion efficace. Les grosses particules (et le sable) se séparent dans un espace libre au-dessus du lit. Les chaudières à lit fluidisé ont une grande puissance, mais une faible marge de réglage, et elles créent de fortes émissions de matières particulaires.

Chauffage centralisé : Méthode de chauffage dans laquelle un système de combustion central fournit, par des canalisations, de l'eau chaude ou de la vapeur à un certain nombre de bâtiments distincts du voisinage reliés par un réseau de distribution de chaleur.

Cheminée : Conduit vertical (en acier ou en maçonnerie) qui évacue dans l'atmosphère les gaz de combustion de la salle de la chaudière.

Clés en main : Contrat d'achat, d'installation ou d'acheminement par lequel un fournisseur est responsable de tous les aspects d'un système. L'acheteur réceptionne un système opérationnel complet qui a réussi des tests de conformité aux spécifications de rendement.

Cogénération : Pratique qui consiste à produire simultanément de l'énergie électrique et de l'énergie thermique avec un seul système de combustion.

Combustion étagée : Système conçu pour répartir le processus de la combustion entre plusieurs chambres distinctes. Cette approche augmente le temps de rétention, assure une combustion plus complète et réduit l'entraînement des cendres.

Copeaux à brûler : Biomasse combustible produite par un déchiqueteur ou un broyeur mécanique. S'ils sont produits par les industries forestières du secteur primaire, il s'agit habituellement d'un mélange d'écorce et de bois comportant souvent de la sciure ou des rognures de bois et de la boue, généralement humide et fibreux, et à forte teneur en cendres. Ils sont aussi produits à partir de matières du secteur secondaire comme des palettes, du bois de construction ou de démolition, qui donnent surtout du bois combustible sec, mais qui contiennent souvent de grandes quantités de contaminants inorganiques.

Copeaux d'arbres entiers : Copeaux produits par une déchiqueteuse traitant des arbres entiers, des cimes et des branches d'arbres ou des buissons. Ils sont composés de bois, d'écorce et, souvent, de feuillage.

Cyclone : Voir Chaudières à lit en suspension

Déchets : Matières résultant d'activités humaines, pour lesquelles il n'existe aucune utilisation immédiate, et qu'on doit normalement éliminer.

Développement forestier durable : Il s'agit d'un type de développement des ressources forestières en fonction des besoins, mais sans hypothéquer leur productivité future, ni nuire à leur diversité écologique ou à leur capacité de régénération.

Échangeur de chaleur : Il s'agit habituellement d'un assemblage de surfaces métalliques parallèles maintenant la séparation entre deux fluides pendant le transfert de chaleur d'un fluide chaud à un fluide plus froid. Dans les systèmes de combustion, l'énergie thermique est transférée des gaz de combustion chauds à un fluide caloporteur (eau, air, huile thermique ou mélange antigel).

Écluse rotative : Ensemble de godets rotatifs transférant mécaniquement des matières solides tout en empêchant l'échappement d'une quantité excessive de gaz. Utilisée dans les systèmes d'alimentation en combustible pour confiner les flammes, ou à des fins de mesurage, ainsi qu'avec des multicyclones pour éliminer les cendres volantes sans laisser pénétrer l'air. Aussi appelée « distributeur rotatif ».

Gaz de combustion : Gaz produits par la combustion d'une matière, composés des produits de réaction (CO_2, H_2O, NO_x, SO_x), de vapeur d'eau et de constituants de l'air non réactifs (N_2).

Gazéification : Transformation d'une charge d'alimentation en gaz combustibles (avec une quantité négligeable de résidus carbonés). Le gaz produit peut être utilisé comme combustible.

Gazogène : Système de combustion à la biomasse entièrement automatisé, alimenté par les produits de gazéification. Les gazogènes sont pourvus d'un dispositif mécanique d'alimentation en combustible; ce dernier, stocké dans une soute, est acheminé vers la chambre de gazéification garnie de matière réfractaire. Dans cette dernière, une combustion partielle (habituellement celle de matières carbonées) produit assez de chaleur pour décomposer le combustible en différents composants gazeux, eux-mêmes combustibles. Ces gaz combustibles chauds sont acheminés vers un brûleur à gaz haute efficacité où leur combustion complète maintient le transfert de chaleur rayonnante. Certaines installations ajoutées à une installation existante combinent des gazogènes à des chaudières au gaz naturel et au mazout. Habituellement, ces chaudières classiques sans dispositif de collecte des cendres volantes n'ont qu'une chambre à combustion relativement petite et exigent un important transfert de chaleur rayonnante. Alors que certains gazogènes

peuvent brûler des combustibles humides, les petites unités performantes installées en ajout à des chaudières existantes brûlent habituellement des résidus de bois sec sous forme de particules. Pour le passage à la biomasse, l'installation d'un gazogène est souvent plus intéressante que la conversion d'une chaudière classique, parce que la combustion directe de la biomasse peut entraîner une importante baisse de rendement et de graves problèmes d'encrassement de la tuyauterie. Malgré les similitudes, dans les grandes lignes, entre le fonctionnement d'un gazogène jumelé à une chaudière et celui d'une chaudière multichambre, il y a une distinction fondamentale entre les deux, qui tient à la proportion de l'air total acheminé dans le premier étage du dispositif. Dans un gazogène, on en utilise un volume minimal afin d'éviter la combustion des matières volatiles, et le pouvoir calorifique des gaz ainsi produits est suffisamment élevé pour qu'ils puissent être refroidis et transférés par des canalisations dans une unité distincte où ils sont enflammés et brûlés de façon à produire une flamme autoentretenue. Dans une chambre de précombustion, on envoie une quantité d'air supplémentaire suffisante pour provoquer la combustion partielle des matières volatiles, ce qui réduit le pouvoir calorifique des gaz produits, de sorte qu'on doit utiliser un processus de combustion secondaire pour les brûler à chaud, prenant le relais du processus mis en route dans la chambre primaire.

Grilles : Surfaces mécaniques supportant le lit de matières combustibles enflammées, en métal ou en matières réfractaires. Les grilles sont plates ou inclinées, stationnaires ou mobiles, et présentent habituellement des ouvertures par lesquelles l'air sous le feu est pulsé vers le haut dans la zone de combustion.

Matières carbonées : Résidus solides de carbone qui restent après la volatilisation par pyrolyse des matières volatiles de la biomasse.

Matières lignocellulosiques : Biomasse composée principalement de cellulose et de lignine; il s'agit habituellement de l'élément structural des plantes, produit par photosynthèse.

Matières volatiles : Vapeurs de composés organiques et gaz libérés par la biomasse chauffée à basse température, ou portion des matières biocombustibles convertie en vapeurs et en gaz au cours de la pyrolyse (tous les composants autres que des matières carbonées).

Mise en service : Période d'exploitation destinée à démontrer qu'un nouveau système peut satisfaire aux spécifications de rendement du contrat d'achat.

Pneumatique : Actionné par de l'air comprimé, ou en contenant.

Poussières et suie : Particules solides très fines, habituellement composées de cendres et de carbone non brûlé, qui sont entraînées par les gaz de combustion et évacuées dans l'atmosphère. C'est habituellement le principal polluant atmosphérique produit par la combustion de la biomasse.

Pouvoir calorifique inférieur (PCI) : Énergie nette libérée au cours de l'oxydation d'une unité de masse de combustible, à l'exclusion de la chaleur requise pour la vaporisation de l'eau du combustible et de l'eau produite par la combustion de son hydrogène combustible. PCI = PCS – 21,998 (H) – 2,444 (W).

Pouvoir calorifique supérieur (PCS) : Énergie potentielle maximale libérée par l'oxydation complète d'une unité de masse de combustible, y compris l'énergie thermique récupérée par la condensation et le refroidissement de tous les produits de combustion. Étant donné que le PCS varie avec la teneur en humidité, il faut indiquer cette dernière avec les valeurs de PCS.

Pyrolyse : Décomposition chimique sous l'action de la chaleur.

Rapport de réglage : Rapport numérique entre la valeur la plus élevée et la valeur la plus faible de la puissance effective du système. On le calcule en divisant la valeur maximale de sortie du système par la valeur minimale de sortie à laquelle on peut maintenir une combustion régulière, contrôlée, à haut rendement et non polluante. Par exemple, un rapport de réglage de 4:1 indique que la puissance minimale d'utilisation est égale au quart de la valeur maximale.

Réfractaire : Se dit d'une matière céramique résistant aux températures élevées (briques réfractaires), utilisée pour garnir les chambres de combustion. Elle agit comme un puits de chaleur en reflétant et rayonnant la chaleur vers le lit de combustible dont elle provient, de manière à entretenir la pyrolyse et la combustion.

Remorque (ou réserve) à fond mobile : Remorque autodéchargeante pourvue d'un plancher à segments mus par un dispositif hydraulique, déchargeant le biocombustible par les portes arrière; on peut la stationner près d'un convoyeur et l'utiliser comme unité de mesurage. La réserve peut être pourvue d'un fond mobile pour la récupération du biocombustible.

Rendement de combustion : Rapport de l'énergie libérée au cours de la combustion à l'énergie chimique totale disponible du combustible.

Rendement saisonnier : On détermine, pour toute une saison (ou une année) de chauffage, le rapport entre l'énergie utile produite et l'énergie théorique du combustible utilisé.

Réseau de distribution de chaleur : Voir « Chauffage centralisé ».

Réserve intermédiaire de combustible : Réserve de combustible de capacité moyenne, suffisante pour l'alimentation automatique de la chaudière pendant une période donnée (habituellement un jour ou un quart de travail).

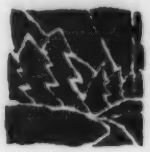
Résidus d'usine : Composants non commercialisables du bois et de l'écorce produits sur le site de l'usine au cours de la transformation des billes en produits forestiers ordinaires.

Séché à l'air : Se dit d'une matière (habituellement du bois) qui, exposée à l'air ambiant, a perdu une partie de son humidité. Les teneurs en humidité qui en résultent sont habituellement inférieures à 20 % et peuvent descendre jusqu'à 15 %.

Stoechiométrique : Se dit d'une réaction chimique dans laquelle les constituants sont dans les mêmes proportions que dans la formule chimique complète permettant d'atteindre le résultat. En matière de systèmes de chauffage à la biomasse, c'est le processus de conversion du carburant en gaz de combustion.

Taux d'actualisation : Taux d'intérêt reflétant le rendement financier que les propriétaires d'un système pourraient obtenir si leurs fonds étaient investis ailleurs.

Teneur en humidité : Poids de l'eau dans une unité de masse de biocombustible, habituellement exprimé en pourcentage du poids total de l'échantillon.



ANNEXE 1 : BIOCOMBUSTIBLES POUR SYSTÈMES DE CHAUFFAGE À LA BIOMASSE

A1.1 : MODES DE LIVRAISON DES BIOCOMBUSTIBLES

Camions à benne	Un camion à benne (à remorque ou à conteneur) se déchargeant sur le sol, dans une fosse de réception ou directement dans une fosse sous le niveau du sol peut être utilisé. L'avantage de cette méthode est le très court temps de déchargement et le faible coût du matériel (des camions polyvalents); ses inconvénients sont l'espace libre requis et les dangers liés au déchargement (« avalanches » de biocombustible ou renversement du camion dû au gel de la charge).
Systèmes à fond mobile (camions ou remorques autodéchargeants)	Un camion ou une remorque à fond mobile déverse sa charge sur le sol, dans une fosse sous le niveau du sol ou dans une auge réceptrice. Les avantages sont un débit de déchargement contrôlable, qu'on peut régler en fonction du débit d'alimentation du système, et la possibilité de laisser la remorque sur place pour l'utiliser comme réserve ou comme compartiment de mesurage. Ses inconvénients sont l'allongement du temps de déchargement et le coût d'investissement élevé, car il s'agit d'un système spécialisé.
Chargeuses	Un camion ou une remorque ordinaire, dont les portes arrière s'ouvrent complètement, peut reculer jusqu'à un quai de déchargement et les vider à l'aide d'une petite chargeuse. Le coût de cette méthode est relativement faible s'il y a une chargeuse sur place, mais le temps de déchargement est long, et il faut un opérateur.
Granules	Les caractéristiques d'écoulement améliorées des combustibles conditionnés sous forme de granules, par exemple, facilitent la livraison. Divers systèmes d'autodéchargement peuvent êtres utilisés, notamment des camions à déchargement ventral, des camions à vis sans fin, un convoyeur à courroie ou un convoyeur pneumatique. De plus, il est possible de livrer les granules dans des sacs, qui sont déchargés à l'aide d'un bras articulé monté sur le camion, ou à l'aide d'une chargeuse.

A1.2 : TYPES DE BIOCOMBUSTIBLES

L'énumération ci-dessous ne tient pas compte des déchets agricoles. Elle n'énumère que des exemples de déchets de bois.

Bois entier, bois fendu et bois rond — Ce type de bois ne convient pas aux systèmes automatiques de manipulation et d'alimentation. Certaines installations agricoles utilisent du bois fendu provenant de boisés voisins. Dans certaines petites entreprises d'exploitation de bois, on utilise souvent, comme combustible d'appoint, des déchets de coupe qui sont transférés manuellement dans une chaudière industrielle à grande porte, qui est également alimentée automatiquement en biocombustible. Les nouveaux modèles de chaudières extérieures intégrées utilisent ce type de combustible.

Copeaux d'arbres entiers (CAE) — Un jeu de couteaux rotatifs à action séquentielle produit des copeaux d'arbres entiers, en déchiquetant des pièces de bois, de façon à obtenir des copeaux de 1/2 à 1 pouce (1,27 à 2,54 cm) de largeur, de 1 à 3 pouces (2,54 à 7,62 cm) de longueur et de 1/4 pouce (0,64 cm)

d'épaisseur. Les copeaux sont généralement produits à partir de déchets forestiers, comme les souches, les éclats de coupe, la taille de branches et le débroussaillage en sylviculture. Les copeaux d'arbres entiers sont directement soufflés dans des semi-remorques qui les livrent aux clients ou les transportent à des aires centrales d'entreposage. L'industrie forestière produit aussi des copeaux d'arbres entiers sur place pour faciliter la manipulation des déchets de traitement. Les copeaux d'arbres entiers sont constitués d'un mélange de bois, d'écorce, de brindilles et de feuilles.

Habituellement, les copeaux d'arbres entiers provenant de l'exploitation forestière sont un biocombustible homogène de grande qualité. Par contre, s'ils sont produits à partir de bois traité, leur qualité peut varier (risque de forte teneur en cendres et de faible teneur en énergie). Ils ont souvent une teneur en humidité (TH) relativement élevée (40 à 55 %), et peuvent contenir beaucoup d'impuretés, par exemple, s'ils proviennent de souches et branchages traînés jusqu'à une aire centrale de traitement. Les principaux problèmes observés sont notamment une forte proportion de grosses pièces (éclats, brindilles, etc.) qui limitent l'écoulement et bloquent les vis sans fin, ou une humidité excessive (et la présence de masses gelées en blocs) due à l'accumulation de glace et de neige dans les copeaux. Il peut aussi y avoir des problèmes de congélation et d'agglomération pendant l'entreposage. Il est possible d'assurer la qualité des copeaux en recourant à de bonnes pratiques d'exploitation et d'entretien pour la collecte, le déchiquetage, l'entreposage et la livraison.

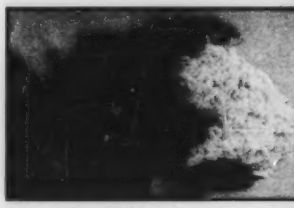
Biocombustibles : copeaux de bois

Biocombustibles : résidus forestier

Déchets de bois broyés

Un broyeur (déchiqueteur, bol de broyage, etc.) utilise des marteaux rotatifs et des enclumes stationnaires pour écraser, broyer et déchiqueter en petits fragments de grosses pièces de biomasse. Les particules ainsi produites mesurent moins de 3 pouces (7,62 cm).

Les matières brutes broyées sont notamment des résidus d'écorceuse, des débris de billes et d'aires de tri, des déchets de coupe et de débroussaillage (buissons, souches, etc.), des déchets municipaux (buissons, feuilles, branches), des emballages industriels (palettes, boîtes, caisses), ainsi que des déchets de bois de construction ou de démolition. Habituellement, le bois propre est déchiqueté et les matières sales de peu de valeur sont broyées. Les déchets de bois broyés des scieries sont souvent constitués de sciure de bois, de planures et de particules fines mélangées à de l'écorce et à des déchets de coupe broyés, alors que ceux des salles de préparation du bois des usines de pâtes à papier peuvent contenir de la boue de clarificateur.



Biocombustibles : écorce et sciur de bois

Biocombustibles : déchets de bo

En général, il est plus difficile de manipuler les déchets de bois broyés que les copeaux d'arbres entiers, parce qu'ils sont plus fibreux, qu'ils ont une plus faible densité apparente et que leur granulométrie est moins homogène. Leur teneur en humidité est habituellement élevée et leur teneur en cendres peut être significative (de 2 à 3 % jusqu'à 20 %). Étant donné que la qualité et les constituants des mélanges des déchets de bois broyés peuvent varier considérablement, il est important que leurs spécifications soient clairement énoncées dans les contrats d'approvisionnement.

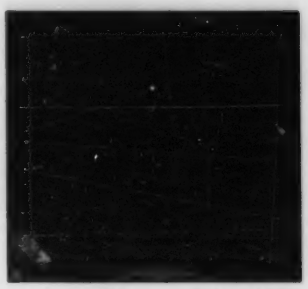
Particules

Cette catégorie générale couvre une grande variété de particules de biomasse de petit diamètre, soit des sous-produits ou des résidus d'exploitation de traitements communs (sciure de ponçage, sciure de bois, planures, poussières de copeaux, etc.), soit des résidus agricoles (balle de riz, résidus de tamisage de céréales, noyaux et écales de fruits, résidus de café, etc.). La taille des particules peut donc être comprise entre celle des poussières et celle des noyaux de pêche, leur teneur en humidité va de très faible (2 à 3 %) à très forte (55 à 60 %) et leur teneur en cendres, de très faible (0,3 à 0,5 %) à relativement élevée (7 à 20 %). Donc, certaines particules sont des biocombustibles de choix qui peuvent être brûlés en suspension avec des caractéristiques de flamme et de rendement semblables à celle du mazout, alors que d'autres

sont des combustibles médiocres qui ont besoin de chaudières spéciales à cause de leur forte teneur en humidité et/ou en cendres. Les particules combustibles très sèches peuvent entraîner des concentrations de poussières présentant un danger d'incendie ou d'explosion.

Produits de biomasse conditionnés

Les granules, habituellement de 1/4 à 5/8 pouce (0,64 à 1,59 cm) de diamètre par 3/8 pouce à 1 pouce 1/4 (0,95 à 3,18 cm) de longueur, sont le produit conditionné de la biomasse la plus commune. Elles proviennent du traitement du bois, de l'écorce, de la paille, du papier, des feuilles et d'autres types de biomasse. Leur teneur en humidité est habituellement inférieure à 8 %, avec une teneur en cendres dépendant de leur matière d'origine. Les granules s'écoulent bien et des vis sans fin de petit diamètre suffisent pour les transférer. Leur faible teneur en humidité convient aux dispositifs d'allumage électrique des systèmes à démarrage automatique. Les cubes (1 po 1/2 x 1 po 1/2 x 3 à 5 po) [3,81 x 3,81 x 7,62 à 12,70 cm] et les briquettes (1 po 1/2 à 4 po de diamètre x 1/2 à 3 po de longueur) [3,81 à 10,16 cm de diamètre x 1,27 à 7,62 cm de longueur] de composition semblable, mais de plus grande taille, sont moins communs. À cause des opérations de séchage, de broyage et de compression à grande densité nécessaires pour ces produits, le prix en est élevé.



Biocombustibles : granules de bois

Il y a d'autres catégories de produits, par exemple, les balles. Habituellement, on recueille les résidus agricoles des champs (paille, foin, cannes de maïs, tiges de tournesol ou de soja, etc.) séchés sur place et les comprime en grosses balles carrées ou rondes, ou en petites balles rectangulaires ordinaires. Certains modèles de chaudières sont pourvus de dispositifs manuels ou automatiques d'alimentation qui prennent des balles entières ou les défont progressivement.

Les avantages des produits de biomasse sont l'homogénéité des dimensions, de l'énergie, ainsi que des teneurs en humidité et en cendres; leur principal inconvénient est le coût élevé.

A1.3 : COMPARAISON DES CARACTÉRISTIQUES ÉNERGÉTIQUES DES BIOCOMBUSTIBLES

Type de biocombustible	Teneur en humidité % en poids humide	Teneur en cendres % en poids sec	Teneur en combustible kg de combustible sec exempt de cendres par kg de combustible, dans ses conditions d'utilisation	Pouvoir calorifique supérieur (PCS) MJ par kg de combustible sec exempt de cendres	Rendement de l'appareil % calculé selon le PCS du combustible	Énergie produite MJ par kg de combustible, dans ses conditions d'utilisation
Copeaux d'arbres entiers (bois vert, bois mou)	50	1,2	0,494	20,9	62	6,4
Fragments de bois (bois dur séché à l'air)	20	0,8	0,749	19,6	73	11,4
Sciure de bois / planures de bois (bois dur séché au four)	8	0,5	0,915	19,5	76	13,6
Paille (séchée à l'air)	15	6,2	0,797	19,4	74	11,4
Granules	7	1,0	0,921	20,7	76	14,5

A1.4 : CATÉGORIES DE BIOCOMBUSTIBLES ET LEURS COÛTS

Déchets (coûts négatifs)	Les déchets peuvent être une source d'approvisionnement très économique en biocombustible. De nombreuses matières classées comme des déchets sont rejetées dans des décharges contrôlées contre redevance, par exemple, le bois des déchets urbains solides, les débris de démolition, les résidus de construction et même les débris de billes et des aires de tri. Dans les régions aménagées où les redevances sont élevées, il arrive souvent que les coûts de leur utilisation comme biocombustible (tri/collecte, manipulation/préparation et livraison) ne dépassent pas ceux de leur élimination en décharge. En faisant l'économie des frais d'élimination, les entreprises qui brûlent leurs propres déchets peuvent bénéficier de coûts négatifs.
Résidus (coûts nuls)	Les résidus sont une source de biocombustible gratuite et facilement disponible. C'est le cas, par exemple, des résidus d'écorce des petites scieries où il n'y a pas de procédures de coûts d'élimination et pour lesquels il n'existe pas de débouchés. Le producteur est souvent content qu'un utilisateur de biomasse vienne le débarrasser gratuitement de ces résidus. Pour l'utilisateur, les coûts d'approvisionnement sont minimes, car il n'a que le transport à payer. Il y a une autre catégorie de résidus, ceux qui sont disponibles gratuitement, mais qui nécessitent, en plus du transport, une certaine préparation. C'est le cas des résidus agricoles (paille, cannes de maïs) et des souches et branchages de défrichage des terres forestières. Même si le propriétaire ne demande rien, il faut prévoir des frais pour la collecte, la préparation, la manutention et la livraison des résidus.
Sous-produits (faibles coûts)	Les sous-produits sont des biocombustibles facilement disponibles qui nécessitent habituellement peu de préparation, et dont les autres utilisations ont peu de valeur, ce qui explique le faible coût demandé par le fournisseur. Il arrive que le coût du produit inclue la livraison. C'est le cas, par exemple, de la sciure de bois et des planures des petites scieries éloignées des usines de transformation du bois.
Biomasse cultivée (coûts moyens)	Certaines matières brutes subissent des traitements spéciaux destinés à améliorer leurs propriétés combustibles, notamment celles qui sont récoltées et celles qui sont cultivées comme combustibles. Le principal type des matières du premier groupe sont les copeaux d'arbres de boisés existants. Il est fréquent qu'on récolte et déchiquette des arbres de peu de valeur pour qu'ils servent de combustible. Même si ces opérations peuvent présenter des avantages secondaires, par exemple, pour la plantation d'essences de plus grande valeur, le principal but de ces opérations est la production de combustible. On retrouve aussi dans ce groupe des plantes naturelles vivaces comme les plantes des marais et les quenouilles. Dans les matières du second groupe, on trouve des plantes spécialement cultivées entretenues, récoltées et traitées pour la production de biocombustibles, par exemple, des plantations hybrides de peupliers et de saules, ainsi que des cultures de sorgho, de panic raide et d'herbe à éléphant.
Produits conditionnés de biomasse (coûts élevés)	Les produits conditionnés de biomasse sont les plus coûteux; leur prix dépasse souvent celui des combustibles fossiles en terme d'énergie fournie, mais les plus faibles coûts d'investissement et d'exploitation des installations de chauffage à la biomasse rendent parfois leur utilisation rentable dans certains créneaux, compte tenu d'autres facteurs comme la sécurité, des considérations esthétiques, etc. Les granules et les briquettes, des produits combustibles comprimés, sont les principaux types de biocombustibles de cette catégorie, qui inclut aussi les épis et les granules de maïs.

ANNEXE 2 :
LES DIFFÉRENTS RENDEMENTS D'UNE INSTALLATION

A2.1 : RENDEMENT DE COMBUSTION

Le rendement de combustion ne mesure que le degré de combustion du combustible, dans la chambre de combustion. Si la combustion est incomplète, une partie de l'énergie disponible est perdue, et des matières non brûlées sont libérées sous forme de polluants nocifs ou restent dans le système à l'état de matières carbonées. Pour une combustion complète, il faut une température suffisamment élevée, un temps suffisant pour le parachèvement des réactions d'oxydation et une turbulence suffisante de l'air pour alimenter adéquatement le combustible en oxygène. Avec une conception et une exploitation efficaces de la chambre de combustion, on peut satisfaire à ces exigences. Normalement, les chaudières à biomasse sont caractérisées par un bon rendement de combustion, avec peu de pertes dues à une combustion incomplète. Les vendeurs et les fabricants font souvent référence au rendement de combustion, qui est le paramètre le plus important pour la mesure du rendement d'ensemble d'un appareil, mais ils le confondent fréquemment avec ce dernier (voir ci-dessous).

A2.2 : RENDEMENT DE L'APPAREIL

Le rendement de l'appareil ou le rendement en régime permanent est relativement facile à mesurer étant donné qu'il s'agit de comparer, dans un système qui fonctionne à régime constant, l'énergie thermique produite au niveau de l'échangeur de chaleur (l'énergie transférée au caloporteur) à la valeur thermique plus élevée de l'apport en combustible. Les facteurs influant sur le rendement en régime permanent sont : le rendement de combustion, l'excès d'air, les teneurs en cendres et en humidité du combustible, la température de la cheminée et les pertes par rayonnement. Les teneurs en cendres et en humidité du combustible sont des variables de fonctionnement qui peuvent avoir un impact sur le rendement. Si vous comparez des valeurs de rendement avancées par les fournisseurs, assurez-vous que les types de biocombustible utilisés pour les tests et leurs teneurs en humidité sont également comparables à ceux que vous utiliserez.

Excès d'air

En théorie, une quantité spécifique d'air est nécessaire afin de fournir l'oxygène requis pour la combustion complète d'une masse donnée de biocombustible.
Tout air en excès cause une perte car, pour le porter à la température des gaz de cheminée évacués, on consomme de l'énergie. En pratique, le mélange d'air et de combustible n'est jamais parfait, et il faut maintenir un certain excès d'air pour assurer une combustion complète. Toutefois, plus cet excès est faible sans perte de rendement de combustion, meilleur est le rendement de l'appareil.

Teneur en cendres

L'évacuation des cendres chaudes cause une petite perte thermique.

Teneur en humidité

L'humidité du combustible entraîne une perte significative du rendement de l'appareil. L'échangeur de chaleur ne peut récupérer l'énergie dépensée pour vaporiser l'eau contenue dans le combustible (à laquelle s'ajoute l'eau produite par l'oxydation de l'hydrogène du combustible) et pour la porter à la température des gaz de cheminée.

Température de la cheminée

L'énergie thermique libérée par la combustion du biocombustible est transférée directement par rayonnement ou par les gaz de cheminée aux surfaces de l'échangeur de chaleur. Toute la chaleur qui n'est pas extraite par l'échangeur de chaleur est perdue par la cheminée. Donc, plus la température des gaz de combustion est basse, plus la perte de chaleur est faible. Toutefois,

une température de cheminée trop basse peut entraîner la condensation de l'humidité des gaz de cheminée et causer des problèmes de corrosion ou de blocage par la glace, ou abaisser le tirage à des valeurs insuffisantes dans les systèmes à tirage naturel. On règle la température de la cheminée par une conception efficace du système et par des commandes optimisées pour le système. Avec le temps, il se dépose des cendres ou de la suie sur les surfaces de l'échangeur de chaleur, ce qui réduit l'efficacité du transfert de chaleur et augmente la température de la cheminée (et diminue le rendement). Il faut nettoyer ces surfaces, à la main ou à l'aide d'un purgeur de suie, afin de rétablir les conditions de rendement élevé de l'échangeur de chaleur. Souvent, un programme de surveillance de la température de la cheminée est utilisé pour optimiser la fréquence des opérations de nettoyage.

Pertes par rayonnement

Les pertes par rayonnement de la chaudière, de l'échangeur de chaleur, de la cheminée, et des convoyeurs et des compartiments à cendres peuvent entraîner des pertes de rendement. Si l'installation de chauffage à la biomasse est située dans un bâtiment chauffé, la chaleur rayonnée n'est pas perdue. Habituellement, ce paramètre n'est pas mesuré par les essais de rendement en régime permanent.

A2.3 : RENDEMENT SAISONNIER

Le rendement saisonnier est le paramètre qui permet de déterminer de façon pratique pour l'utilisateur le rendement d'un système. Il représente le rapport entre, d'une part, l'énergie utile totale réellement fournie à la charge énergétique pendant toute une saison de fonctionnement et, d'autre part, l'énergie potentielle totale du combustible brûlé pendant toute cette période. De nombreux facteurs qui influent sur le rendement saisonnier ne dépendent pas du rendement du système ou des appareils comme tels, notamment l'emplacement de la chaudière, la qualité et la variabilité du biocombustible, l'efficacité de l'isolant installé sur le réseau de distribution de chaleur, la fréquence des cycles de charges énergétiques fortes et basses du système, etc. C'est pourquoi le rendement saisonnier dépend d'un lieu et d'une installation donnés, et il peut varier considérablement même entre des installations dotées de modèles identiques de chaudières à la biomasse.

ANNEXE 3 : ÉVALUATION ET ANALYSE DES COÛTS

A3.1 EXEMPLE D'ÉTUDE FINANCIÈRE

Les Industries ABC construisent un nouvel entrepôt et de nouveaux bureaux (800 m^2) sur un terrain adjacent à la résidence du propriétaire. Selon le climat de la région, la charge énergétique de pointe du bâtiment est de 105 W/m^2. Le propriétaire a demandé des prix à un distributeur de chaudières au mazout et à un fournisseur de systèmes de chauffage à la biomasse. Dans le premier cas, on doit installer la chaudière au mazout (d'une puissance de 150 kW) dans un coin de l'entrepôt et, dans le second, on doit installer la chaudière à biomasse (d'une puissance de 160 kW) dans un hangar recouvert de tôle d'acier ondulée, situé à côté d'une plateforme couverte servant à l'entreposage du biocombustible. Pour le chauffage de l'entrepôt et des bureaux, l'installation à la biomasse doit utiliser un réseau de distribution d'eau chaude comportant une boucle pour le chauffage de la résidence du propriétaire, actuellement chauffée par une chaudière au mazout (qui sera conservée comme système de secours pour la résidence). Sauf pour cette dernière, dans un cas comme dans l'autre, aucun autre système de secours ou de pointe n'est prévu.

L'offre pour le système de chauffage au mazout, de 19 000 $, inclut tous les coûts des travaux de conception, d'ingénierie et d'installation, le brûleur, la chaudière, la cheminée, le réservoir d'entreposage du mazout, les pompes et la tuyauterie (jusqu'au réseau de distribution de chaleur des bâtiments), ainsi que les commandes du système.

L'offre pour le système de chauffage à la biomasse est de 72 000 $. Elle inclut tous les travaux de conception, d'ingénierie et d'installation, la chambre de combustion, la chaudière, la cheminée avec un système de nettoyage, les pompes et la tuyauterie (jusqu'au réseau de distribution de chaleur des bâtiments), les ventilateurs et les moteurs, le système d'alimentation en biocombustible, la réserve intermédiaire de biocombustible, la zone d'entreposage à long terme du biocombustible (une aire couverte à plancher de béton), un hangar revêtu de tôle d'acier (10 x 5 m) et ses fondations, un échangeur de chaleur eau air pour la maison du propriétaire et les commandes du système.

On n'a pas inclus dans la comparaison le réseau de distribution et le système d'échange de chaleur pour l'entrepôt et le bureau, parce qu'ils sont les mêmes pour les deux options.

Actuellement, le propriétaire doit payer environ 530 $ par année (1000 L de mazout à 0,53 $/L) pour le chauffage de sa maison. Selon l'évaluation pour la chaudière au mazout, les besoins d'ABC sont d'environ 30 700 L pour le chauffage de l'entrepôt et des bureaux. De plus, on estime à 300 $/année les coûts de l'électricité pour les ventilateurs et les pompes et, si on exclut le coût du mazout, il est probable que les frais annuels d'exploitation et d'entretien du système au mazout n'atteindront qu'environ 5 % du coût d'investissement. Par ailleurs, selon le fournisseur du chauffage à la biomasse, ABC n'aura besoin, chaque année, que d'environ 165 tonnes de déchets d'usine pour chauffer tous les bâtiments, et d'environ 400 $ d'électricité pour les ventilateurs et les pompes. En outre, pour les frais annuels d'exploitation et d'entretien, qui incluent le remplissage quotidien de la réserve de biocombustible de capacité intermédiaire et des opérations régulières de collecte et d'élimination des cendres (qu'on doit épandre dans des jardins du voisinage), on prévoit une dépense annuelle égale à environ 10 % du coût d'investissement. Le propriétaire s'attend à ce qu'il n'y ait pas de coûts supplémentaires pour la plus grande partie de la main-d'œuvre requise.

Les installations du propriétaire sont situées à environ 10 km d'une petite scierie produisant de grandes quantités de déchets de bois. Actuellement, une partie de ces déchets sert au chauffage des bâtiments de la scierie, mais la plus grande partie sont déchiquetés et éliminés dans une décharge locale au coût de 15 $/tonne. Le propriétaire de la scierie consent à approvisionner ABC à long terme en résidus d'usine déchiquetés au prix de 8 $/tonne.

A3.2 DÉTERMINATION DES COÛTS D'INVESTISSEMENT ET DES FRAIS ANNUELS

Comme il a été expliqué au **chapitre 5**, la première étape de la comparaison des deux systèmes consiste à calculer les coûts totaux, comme dans le tableau ci-dessous, qui indique les coûts d'investissement et annuels des deux options. Est présentée à la fin de cette annexe une liste de vérification détaillée qui permet à l'acheteur d'établir facilement les coûts, même s'il n'est pas familier avec ces systèmes.

	Chauffage à la biomasse	Chaudières au mazout
COÛTS D'INVESTISSEMENT, en dollars		
a) Étude de faisabilité (pour l'acheteur)	800	200
b) Coût total du système installé	72 000	19 000
c) Imprévus (10 %)	7 200	1 900
Total	**80 000**	**21 100**
FRAIS ANNUELS, en dollars		
d) Exploitation et entretien	8 000	1 055
e) Énergie		
Biomasse	1 320	—
Mazout	—	16 800
Électricité	400	300
Frais annuels totaux	**9 720**	**18 155**

a) L'étude de faisabilité pour la biomasse est plus coûteuse que celle du système au mazout, étant donné qu'il faut plus de temps pour les recherches sur l'approvisionnement en combustible, etc.

e) Biomasse : 165 tonnes à 8 $/tonne

Mazout : 530 $ + (30 700 L x 0,53 $), y compris le coût du mazout servant au chauffage de la maison.

Selon le tableau ci-dessus, le coût d'investissement d'un système au mazout est inférieur d'environ 75 % à celui d'un système à la biomasse. En revanche, son coût annuel d'utilisation est d'environ 90 % supérieur à celui d'une installation de chauffage à la biomasse. Une analyse du coût global du projet sur sa durée de vie pourrait montrer que l'installation de chauffage à la biomasse est plus avantageuse que celle au mazout. Le calcul de la valeur actualisée nette des surcoûts du projet pourrait donner une valeur positive.

A3.3 ANALYSE DES COÛTS GLOBAUX

Pour répondre à ces questions, le propriétaire a commandé une étude sur la durée de vie des systèmes à un consultant en ingénierie de la région. Selon cette étude, avec un versement initial de 5 000 $, le propriétaire peut obtenir un prêt de 10 ans à un taux de 6 % pour une installation de chauffage à la biomasse.

Le consultant a recommandé un taux d'actualisation de 8 % sur une durée de vie de 20 ans. Selon son étude, la VAN est de 29 000$. En d'autres termes, l'approche du cycle de vie montre qu'un chauffage à la biomasse rend possible, à long terme, des économies considérables qui compensent rapidement le coût d'investissement mais, si le propriétaire ne compare que les coûts d'investissement, il arrivera à une conclusion différente.

Cette étude ne tient compte ni des programmes gouvernementaux en vigueur, ni des incidences fiscales de l'installation d'un système de chauffage à la biomasse, qui peuvent venir en supplément (mais non en déduction) des avantages économiques du système de chauffage à la biomasse par rapport à celui du système au mazout.

Pour la préparation d'une évaluation financière d'un projet de chauffage à la biomasse, voir RETScreen^{MC} (chapitre 6).

ÉTUDES DE CAS

1 Opeongo Forestry Services

Opeongo Forestry Services, de Renfrew (Ontario), produit du bois d'œuvre de qualité séché au four pour des utilisations spéciales. Cette compagnie exploite un système de déshumidificateurs électriques dont le chauffage de pointe était jusque là assuré par une chaudière à alimentation manuelle brûlant du bois de dosse (les premières planches de sciage qui conservent l'écorce du tronc). Afin de réduire le temps de main-d'œuvre et de brûler une plus grande quantité de résidus de bois en excès, on a installé, en 1997, une chaudière à eau chaude alimentée en biomasse par une vis sans fin et reliée à un réseau de distribution de chaleur. Ce système alimente maintenant deux séchoirs, en plus de chauffer la scierie et le hangar d'entreposage de bois d'œuvre.

Charge énergétique

Le système doit maintenir à 35 °C la température de deux séchoirs de bois d'œuvre d'une capacité de 40 000 pieds-planches, avec des charges de pointe d'environ 73 kW. Pour le chauffage de la scierie et du hangar d'entreposage de bois d'œuvre, la charge saisonnière de pointe est d'environ 59 kW.

Approvisionnement en biocombustible

L'exploitation de la scierie produit environ 1 500 tonnes de déchets de bois par année, dont le coût d'élimination est estimé à 17 $/tonne. Chaque année, on utilise comme biocombustible entre 200 et 300 tonnes de copeaux de bois de dosse (bois de pin et bois dur de diverses essences). La teneur en humidité (TH) du combustible varie selon la saison, mais on l'estime à environ 50 % en moyenne.

Description du système

Le système de combustion a été conçu et fabriqué par Grove Wood Heating, de l'Île-du-Prince-Édouard. Sa puissance nominale est de 146 kW, avec une TH du combustible de 20 à 30 %, et on estime sa puissance moyenne d'exploitation à 103 kW avec une TH de 50 %.

Les copeaux de bois de la réserve intermédiaire sont transférés par une vis sans fin dans une chambre de combustion primaire à grille fixe. L'air pulsé sous le feu assure la combustion des matières carbonées, qui maintient les fortes températures nécessaires pour transformer en gaz le biocombustible entrant. Les gaz enflammés passent par un conduit à revêtement réfractaire dans une chambre de combustion secondaire dont la température de l'air est réglée par un registre thermostaté. Au besoin, on peut alimenter manuellement la chambre secondaire en particules de bois.

On récupère la chaleur par un circuit d'eau dans la partie supérieure de la chambre de combustion primaire et à l'aide d'une chaudière à tubes de fumée située au-dessus de la chambre de combustion secondaire. La tuyauterie isolée transfère l'eau chaude des échangeurs de chaleur aux séchoirs et aux hangars d'entreposage, alors qu'un circuit au glycol chauffe le plancher de béton de la scierie.

Rentabilité

Le coût d'investissement pour le système de chauffage à la biomasse était d'environ 41 200 $, dont 21 000 pour le matériel de chauffage à la biomasse, 5 000 pour le bâtiment et 5 500 pour le matériel auxiliaire, et 9 700 pour l'acquisition, le transport et l'installation. Pour une chaudière au mazout comparable, on évaluait le coût d'investissement à 19 100 $.

Pour un besoin énergétique annuel de 812 MWh, on réalise une économie d'environ 28 000 $ par année au chapitre de l'approvisionnement en combustible (pour un prix du mazout de 30 cents le litre), et d'environ 2 000 $ à celui des frais d'élimination des résidus (estimés à 10 $/tonne à cause des opérations de déchiquetage et de manipulation requises).

Dans ces conditions, compte tenu du coût plus élevé du système de combustion à la biomasse, le seuil de rentabilité est atteint en moins d'un an.

SOMMAIRE

Ce système s'est avéré très avantageux à cause du faible coût d'investissement, d'une forte demande de chaleur pendant toute l'année pour l'alimentation d'un procédé, ainsi que du coût négatif de l'approvisionnement en biocombustible, disponible sur place.

2 SERRE DE FIVE ELMS

À Memramcook (Nouveau-Brunswick), Five Elms exploite une serre de 1 000 m^2 depuis environ 10 ans. Elle sert actuellement à la culture hydroponique de tomates pendant toute l'année. Pour chauffer cette installation recouverte d'une double feuille de plastique, on brûlait environ 65 000 litres de propane par année. En 1994, on a installé un système de chauffage au bois de 146 kW de Grove Wood Heating (Île-du-Prince-Édouard), afin de profiter de la biomasse disponible sur place.

CHARGE ÉNERGÉTIQUE

Plus de 90 % de la charge énergétique requise pour maintenir la température de la serre à 18 °C est fournie par la biomasse, et on n'utilise le propane que comme chauffage d'appoint pendant la période la plus froide de l'année.

APPROVISIONNEMENT EN BIOCOMBUSTIBLE

Ce système utilise des résidus de bois mou d'usines de la région, soit de la sciure de bois ou des déchets de bois traités au broyeur à marteaux, d'une teneur en humidité habituellement comprise entre 20 et 30 %, mais atteignant à l'occasion 45 %. Pour l'approvisionnement en biocombustible, qui se fait selon les besoins, on utilise un camion à benne d'une capacité de 18 m^3 (soit environ trois tonnes de bois en poids sec). Les résidus sont déchargés sur le plancher de béton du bâtiment d'entreposage, empilés et transférés à l'aide d'une chargeuse. Une charge de camion dure environ quatre jours en hiver, sept jours au printemps ou à l'automne, et jusqu'à deux semaines en été. On remplit la réserve intermédiaire de la chaudière jusqu'à trois fois par jour pendant les périodes de charge de pointe.

DESCRIPTION DU SYSTÈME

Une vis sans fin transfère automatiquement le biocombustible de la réserve intermédiaire à la grille fixe de la chambre de combustion primaire à revêtement réfractaire, alimentée en air pulsé par dessous. La chaudière peut fonctionner à plein régime ou en mode d'attente en réponse aux signaux d'un aquastat (thermostat réglant la température de l'eau). Les gaz enflammés passent par un conduit à revêtement réfractaire dans la chambre de combustion secondaire, équipée d'une porte pour le chargement manuel de biocombustibles de plus grande dimension comme des particules, du carton ondulé, etc.

Une chaudière à eau chaude montée sur toute la longueur de la partie supérieure de la chambre de combustion secondaire extrait la chaleur des gaz brûlés, qui sont évacués par une cheminée isolée reliée à l'unité. L'eau chaude est pompée dans la serre par un réseau de canalisations et diffuse sa chaleur par rayonnement.

L'enlèvement manuel des cendres, une ou deux fois par jour selon la saison, demande habituellement environ une demi-heure.

RENTABILITÉ

Les coûts totaux du système à la biomasse, y compris ceux du nouveau bâtiment de la chaudière et du réseau de distribution d'eau chaude, étaient d'environ 85 000 $. Compte tenu de coûts d'entretien estimés à 500 $ et des coûts de biocombustible estimés à environ 6 000 $, les économies nettes annuelles réalisées par le remplacement du propane sont de 16 500 $ et permettent d'obtenir un remboursement du surcoût en un peu plus de cinq ans.

SOMMAIRE

Le succès de l'installation de ce système est dû à un coût d'investissement relativement faible, à des coûts très faibles de la biomasse et à l'élimination des coûts élevés de combustible fossile.

3 OUJE BOUGOUMOU : EXEMPLE D'INSTALLATION EN RÉGION ÉLOIGNÉE

En 1992, la nation crie Ouje Bougoumou a décidé d'installer une centrale à biomasse pour chauffer les bâtiments de cette nouvelle communauté autonome du nord du Québec. Ce système, conçu et fourni par KMW Energy (Ontario), est situé dans une chaufferie centrale. Il chauffe et alimente en eau chaude tous les bâtiments de l'agglomération.

CHARGE ÉNERGÉTIQUE

Ce système chauffe et alimente en eau chaude 151 bâtiments; la charge de pointe estimée est de 2,4 MWh. En 1997, il a fourni 8 600 MWh, dont

6 200 avec des biocombustibles et 2 400 avec du mazout. La température du réseau de distribution d'eau chaude est variable (en fonction de la température extérieure), jusqu'à une température maximale nominale de 90 °C.

Approvisionnement en combustible

Un camion de la communauté alimente le système en résidus de bois provenant d'une scierie de la région. Ce combustible qui, sans ce débouché, devrait être éliminé en décharge, est de la sciure de bois d'une teneur en humidité moyenne d'environ 40 à 50 %.

Description du système

Le combustible est déchargé dans une fosse. Une vis sans fin alimente une trémie doseuse reliée à la chambre de combustion. Une grille à étages à mouvement alternatif élimine automatiquement les cendres. Une alimentation en air par le haut et par le bas assurent une combustion complète à haut rendement. Un multicyclone élimine les poussières et la suie des gaz de cheminée afin de réduire au minimum les rejets dans l'atmosphère. La chaleur est récupérée dans une chaudière à tubes de fumée située au-dessus de la chambre de combustion, dont la production d'énergie est réglée automatiquement en fonction des besoins thermiques du bâtiment. Dans la chaufferie, a été installé une chaudière au mazout et un groupe électrogène de secours.

Rentabilité

À six dollars la tonne, le coût annuel de la sciure de bois est de 18 000 $, et le coût moyen facturé tous les deux mois aux résidants est de 192 $ (chauffage et eau chaude), soit moins de la moitié de celui d'un système à l'électricité équivalent. Selon les statistiques de 1997, la biomasse, qui fournissait 72 % de l'énergie de la centrale, ne représentait que 10,5 % des coûts totaux en combustible.

Sommaire

Le grand succès de ce système communautaire est dû à l'utilisation, comme combustible, de déchets de biomasse locaux bon marché, ainsi qu'au coût relativement élevé du mazout dans cette agglomération éloignée. Il tient aussi à d'autres avantages : création d'emplois dans la région, utilisation des déchets et réduction des rejets de gaz à effet de serre dans l'environnement. De plus, ce système contribue à donner aux habitants de cette communauté un sentiment d'autonomie sur le plan énergétique.

4 École élémentaire de Digby

En 1988, a été installé un système de chauffage à la biomasse pour le chauffage des bâtiments de la nouvelle école élémentaire de Digby (Nouvelle-Écosse). Ce système de 400 kW a été conçu et fourni par KMW Energy (Ontario).

Charge énergétique

L'unité à biocombustible fournit son énergie thermique par un réseau de distribution d'eau chaude pouvant être réglé entre 77 et 88 °C. Pendant la partie la plus froide de l'hiver, cette unité est utilisée avec une chaudière de secours au mazout de capacité équivalente, qui sert aussi au cours des périodes de transition, lorsque les besoins thermiques sont faibles.

Approvisionnement en biocombustible

Les copeaux d'arbres entiers (bois dur et bois mou) sont achetés à une entreprise de déchiquetage de la région. Ce combustible, d'une teneur en humidité d'environ 45 %, est déchargé directement par des camions à benne dans une réserve d'une capacité de 14 tonnes.

Description du système

Les copeaux sont soutirés de la réserve par des racleurs hydrauliques qui les acheminent dans une auge à vis sans fin, puis une auge inclinée les transfère dans une trémie doseuse à fond mobile. Le fonctionnement de ce système d'alimentation est réglé par les signaux de niveaux bas et élevé qui proviennent de capteurs placés dans la trémie doseuse. Une vis sans fin d'alimentation par le bas pousse le biocombustible dans la chambre de combustion par le centre d'une grille stationnaire, à travers laquelle l'air est pulsé pour la combustion primaire. Ce système comporte deux régimes optimisés respectivement pour les fortes et les faibles charges thermiques, à cycles minutés d'alimentation en biocombustible.

On récupère la chaleur des gaz de combustion dans une chaudière horizontale à tubes de fumée. Un multicyclone recueille les cendres volantes, qui passent par une écluse rotative et tombent dans un fût à cendres. Un ventilateur de tirage induit évacue les gaz brûlés par la cheminée centrale.

Environ une fois par semaine, les cendres poussées par raclage manuel dans une goulotte d'évacuation sont transférées dans le fût à cendres par une vis sans fin. Dans la mesure du possible, on les utilise comme

engrais sur la pelouse. Les tubes de la chaudière sont nettoyés une fois par an, et l'opération demande environ une demi-journée.

RENTABILITÉ

Le coût d'investissement net du système complet (son surcoût par rapport à un système classique) est d'environ 195 000 $ (en dollars de 1999). Actuellement, le prix des copeaux de bois vert livrés est passé à 30 $ la tonne, alors que le mazout, qui coûte de 0,25 à 0,30 $ le litre, est relativement bon marché. Les autres frais d'exploitation sont faibles, étant donné que le système est entièrement automatique.

SOMMAIRE

Pour le chauffage de cet établissement, il a été retenu, plutôt qu'un système semi-automatique, un système entièrement automatique à coût d'investissement beaucoup plus élevé, mais dont les frais d'exploitation sont plus faibles. Ce système est utilisé sans problèmes depuis plus de 10 ans, même si, dans des conditions de faible charge thermique, l'utilisation du mazout plus coûteux est favorisée par son prix actuel relativement bas et par les faibles besoins en main-d'œuvre des systèmes classiques.

INFORMATIONS SUPPLÉMENTAIRES

Pour obtenir des exemplaires supplémentaires de cette publication, s'adresser à :

Ressources naturelles Canada (RNCan)
Direction des ressources énergétiques
Division de l'énergie renouvelable et électrique
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario)
K1A 0E4
Fax : (613) 995-0087

RNCan diffuse aussi les publications suivantes :

Le guide du chauffage au bois résidentiel

Une introduction au chauffage au bois résidentiel

Acquérir un appareil de chauffage au bois à haute efficacité

Optimisez l'efficacité de votre poêle au bois

Le guide complet des foyers au bois

Encouragements fiscaux pour les investissements d'entreprise dans l'économie d'énergie et les énergies renouvelables

Programme d'encouragement aux systèmes d'énergies renouvelables

On peut télécharger des exemplaires électroniques des publications ci-dessus et du présent guide à partir de notre site Web à :
http://www.rncan.gc.ca/es/erb/reed

Pour l'analyse des projets d'énergie renouvelable, on peut télécharger **sans frais** le logiciel **RETScreen**MC à : http://retscreen.gc.ca

Pour obtenir des exemplaires imprimés, téléphoner au numéro sans frais 1 800 387-2000.